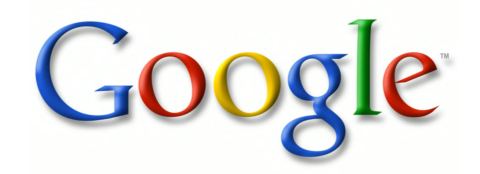
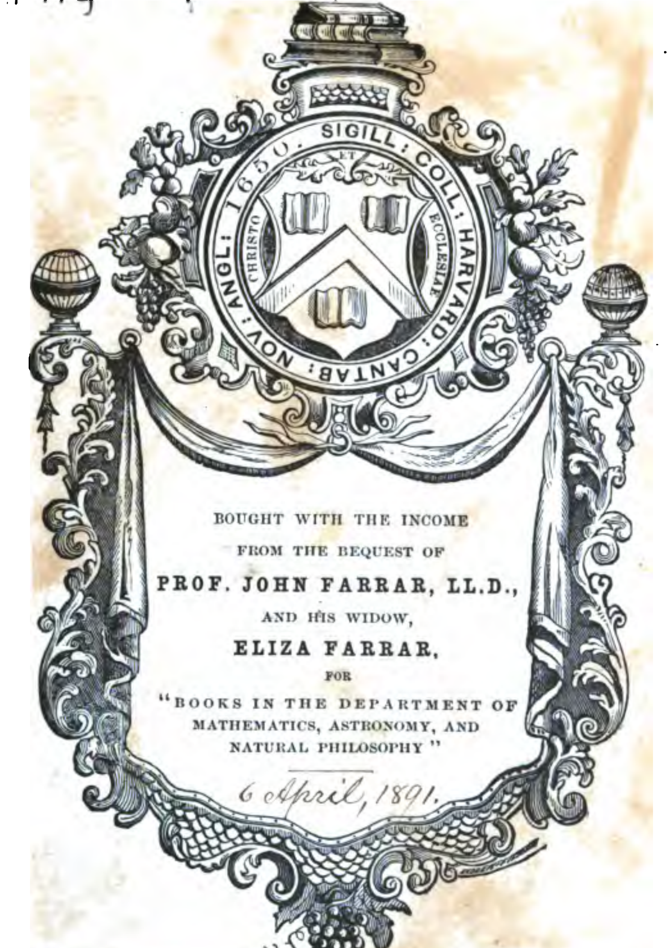





Elektro-Technische
BIBLIOTHEK
Die elektrischen
Verbrauchsmesser.


SIGILL: COLL: HARVARD: CANTAB: NOV: ANGL: 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE
BOUGHT WITH THE INCOME
FROM THE BEQUEST OF
PROF. JOHN FARRAR, LL.D.,
AND HIS WIDOW,
ELIZA FARRAR,
FOR
"BOOKS IN THE DEPARTMENT OF
MATHEMATICS, ASTRONOMY, AND
NATURAL PHILOSOPHY"
6 April, 1891.

Elektro-technische BIBLIOTHEK.

XLIII. BAND.

Die
Elektrischen
Verbrauchs-Messer.

A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

Die elektrischen Verbrauchsmesser.

Von

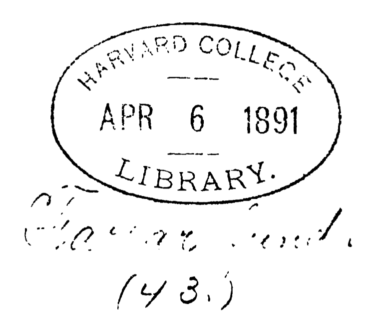
Etienne de Fodor,

Director der elektrischen Centralstation in Athen.

Mit 77 Abbildungen.



WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1891.



Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Das in diesem Buche behandelte Thema ist mit der industriellen Entwicklung der elektrischen Wissenschaft auf das engste verknüpft. Es bildet gewissermassen eine Grundbedingung zum wirthschaftlichen Aufblühen jener Unternehmungen, welche sich die geschäftsmässige Erzeugung und verkaufsweise Abgabe der elektrischen Energie zur Aufgabe gemacht haben.

Aber nicht nur den Handelsmann interessirt die Frage der Verbrauchsmesser; der Elektrotechniker ist in derselben in noch grösserem Masse interessirt, weil sie seinem Erfindungsgeiste und seinem Forschen den denkbar grössten Spielraum gewährt.

Es giebt wohl keine äusserliche Kundgebung des elektrischen Stromes, welche nicht für die Verbrauchsmesser nutzbar zu machen gesucht worden wäre. Obwohl in diesem Buche über achtzig Messer mehr oder minder ausführlich beschrieben sind, kann dies Werk doch nicht alle diese vielen Instrumente aufzählen, welche im Zeitraum von einigen Jahren dem Nachdenken nimmer müder Erfinder entsprungen sind.

Auch der Mechaniker ist durch diese Frage zu thätiger Mithilfe angespornt worden und er hat sein ganzes Können aufgeboten, um im Vereine mit dem Elektriker das so vielfach umstrittene Problem zu lösen.

Ob es aber gelungen sei, einen wirklich guten industriellen Verbrauchsmesser zu schaffen, mag der Leser selbst urtheilen. Der Verfasser hat sich bemüht, in der vorliegenden Studie ein unparteiischer Beobachter zu sein, und es den Interessenten zu überlassen, diese oder jene Type ihren Bedürfnissen und den örtlichen Verhältnissen anzupassen.

Der Verfasser sagt besten Dank den Erfindern, welche ihn mit directen Informationen unterstützten, ebenso den Fachzeitungen, in welchen er sich so viele schätzenswerthe Auskünfte erholte. Er hofft, dass dieses anspruchslose Werk seinem Zweck, eine ausführliche Zusammenstellung der nennenswerthesten Verbrauchsmesser zu geben, nahe gekommen sei und bittet um freundliche Aufnahme.

Der Verfasser.

Inhalt.

Verzeichniss der Abbildungen.

Sach-Register.

Allgemeines.

Eines der Hauptbedingnisse zum wirthschaftlichen Gelingen einer Beleuchtungsunternehmung ist ein guter Verbrauchsmesser. Was dem Kaufmann die Waage und das Mass ist, das ist der Messer für den Abgeber von Licht und Kraft. Wo ein solches Instrument nicht im Gebrauch ist, fehlt jede Basis zu einem geordneten Verhältniss zwischen den Parteien: entweder wird der Abnehmer übervortheilt, oder aber zum meisten sind es die Unternehmer, welche den Kürzeren ziehen.*)

*) In den Anfängen der Gas-Industrie, als der Verbrauchsmesser noch nicht in die Praxis übergegangen war, verkaufte man das Leuchtgas auf monatliches Abonnement (wie dies heute noch in vielen Orten mit der Elektricität geschieht), welchem eine ungefähre Schätzung des Verbrauches zu Grunde lag. Dieser Gebrauch hatte ebensowohl für den Fabrikanten als wie für den Abnehmer viele Unzukömmlichkeiten und es gab fortwährend Streit zwischen den beiden Parteien. Als es endlich einen genauen Gasmesser gab, wurde er mit einem gewissen Zögern angenommen. Die Compagnien fürchteten eine Abnahme ihrer Einkünfte, vorgebend, dass die Abonnenten durch die Annahme des Gasmessers Ersparungen in ihrem Verbrauch machen würden, was denselben beim Abonnement nicht thunlich erschien. Das Abonnement sicherte dem Fabrikanten eine fixe Einnahme und man fürchtete, dass dieselbe sich durch den Gebrauch der Messer herabmindern werde. Die Abonnenten hingegen fürchteten, nach dem Messer mehr bezahlen zu müssen als früher und es bedurfte grosser Ausdauer und Erfahrung, um den Verbrauchsmesser einzubürgern.

Bei der Gasbeleuchtung gibt es verhältnissmässig sehr genaue Messer. Es ist dies leicht, weil hier eine messbare Grösse, ein Volumen existirt. Das Gas ist ein Körper, der mechanisch behandelt werden, in einem gewissen Raume von bestimmter Grösse eingeführt, mit einem Raummass gemessen werden kann, wie eine Flüssigkeit, und auch gewogen werden kann wie ein fester Körper.

Der elektrische Strom aber ist kein Körper und kann folglich auch nicht direct gemessen werden. Obwohl es eine Quantitätseinheit gibt, das »Coulomb«, so bleibt dasselbe doch nur immer ein theoretischer Begriff. Wir können wohl die Intensität und die Spannung eines elektrischen Stromes messen und dieselben entweder einzeln oder als Product mit einer gewissen Zeitmenge multipliciren, wir können die elektrische Energie messen, nicht aber die Quantität des Fluids, wenn hierbei von praktischer Quantität überhaupt die Rede sein kann.

Das ist nun, offen gesagt, ein Nachtheil der elektrischen Verbrauchsmesser. Wir registriren in denselben blos die Wirkungen des elektrischen Stromes ein und setzen voraus, dass diese Wirkungen proportional zur Intensität (oder auch zur Spannung) des zu messenden Stromes sind. Diese Voraussetzung trifft aber nur in vereinzelten Fällen zu, und wo sie zutrifft, giebt es soviel störende Nebeneinflüsse, dass blos von theoretisch absoluter Genauigkeit, nie aber von wirklicher die Rede sein kann.

Wir werden später bei Besprechung der einzelnen Systeme Gelegenheit haben, auf diese organischen Fehler der Elektricitäts-Verbrauchsmesser hinzuweisen. Vor-

läufig wollen wir uns blos mit jenen äusserlichen Wirkungen des elektrischen Stromes beschäftigen, welche mechanisch einregistrirt werden können.

Diese sind:

A. Elektrochemische Wirkungen.

Elektrolyse des Wassers, Entwicklung von Wasserstoff und Sauerstoff in einem Voltameter.

Anwendung des Gesetzes Faraday's: Die Quantität der elektrolytisch zersetzten Substanz ist proportional zur Intensität des Stromes.*)

Verwendung der Accumulatoren Ein Theilstrom ladet dieselben und ihr Entladungsstrom wird entweder in mechanische Kraft umgesetzt und durch ein Zählwerk einregistrirt, oder aber durch einen Voltameter gemessen.**)

*) Wenn eine (in Coulombs ausgedrückte) Quantität Q Elektricität in einen Leiter während einer Zeit t eingeführt wird, ist die Intensität des Stromes mit $\frac{Q}{t}$ zu definiren und man hat: $Q = It$.

Die Intensität ist dieselbe in allen Punkten des Stromkreises. Es resultirt daraus, dass ein Ampèremesser und ein Voltameter, welche respective I und Q messen, die gleichen Indicationen geben werden, wo immer sie auch in den Stromkreis eingeschaltet werden, so wie es auf experimentalem Wege durch Faraday bewiesen wurde.

**) Der Voltameter ist ein Apparat, welcher dazu bestimmt ist, die Intensität eines Stromes auf elektrolytischem Wege zu messen, basirend auf dem Gesetze Faraday's: $Q = It$. Eine gleiche Quantität elektrischen Stromes, welche ein Elektrolyt durchfliesst, zersetzt immer eine gleiche Quantität. Es resultirt daraus, dass die Messungen der Quantität und Intensität, welche auf dem Voltameter basiren, absolute sind.

B. Elektromotorische Wirkungen,

beruhend entweder auf den anziehenden und abstossenden Wirkungen von permanenten oder Elektromagneten, oder aber auf den gegenseitigen Einwirkungen von Magnetfeldern auf geschlossene Stromkreise, wobei irgend ein beweglicher Theil des Systems in Drehung oder Bewegung versetzt wird.

Anwendung des Princips des Rades Barlow's, welches sich unter der Einwirkung eines durchfliessenden Stromes mit einer der Intensität desselben proportionalen Geschwindigkeit dreht.

Ein Strom, welcher *n* Milligramme Wasserstoff per Secunde entwickelt, ist demzufolge eine definirte Grösse; um seine Intensität zu bestimmen, genügt es zu wissen, dass ein Strom von 1 Ampère per Secunde 0·093456 Mgr. Wasser zersetzt, d. h. 0·010384 Mgr. Wasserstoff in Freiheit setzt, nachdem in dem Wasser $^1/_9$ Gewichtstheil Wasserstoff enthalten ist.

Ein »Coulomb« ist die Quantität Elektricität, welche von einem Ampère in der Secunde entwickelt wird, das Coulomb entwickelt daher 0·010384 Mgr. Wasserstoff.

Wenn wir mit E das chemische Aequivalent eines Körpers im Verhältniss zum Wasserstoff bezeichnen, wird die Quantität Z dieses in Freiheit gesetzten Stoffes per 1 Coulomb sein:

$$Z = 0{\cdot}010384\,E$$

und die Zahl Z wird daher durch Definition das elektrochemische Aequivalent dieses Körpers sein.

Nehmen wir an, wir suchten die Intensität I eines Stromes, welcher 15 Gr. Kupfer in 10 Minuten niedergeschlagen hat. Das chemische Aequivalent des Kupfers ist 31·75, ein Coulomb schlägt daher $0{\cdot}010384 \times 31{\cdot}75 = 0{\cdot}32948$ Mgr. nieder. Es werden daher 15 Gr. (oder 15.000 Mgr.) durch $15.000 : 0{\cdot}32948 = 45.526$ Coulombs niedergeschlagen. Diese 45·526 Coulombs wurden in 10 Minuten oder 600 Secunden entwickelt; es hat daher der Strom eine Intensität von $45.526 : 600 = 75{\cdot}87$ Ampères gehabt. (S. Dumont. Dict. d'Electr.)

Anwendung der Foucaultscheibe.*)

Benützung der Selfinduction. (Der Coëfficient der Selfinduction L ist das Verhältniss des Flux der Kraft Φ, welche einen Leiter mit einer Intensität I durchfliesst. Daher: $L \frac{\Phi}{I}$.)

C. Sogenannte galvanometrische Wirkungen,

bei welchen ein geschlossener Stromkreis auf irgend einen anderen oder aber auf einen Magneten oder aber auf ein Eisenstück Wirkungen ausübt.

Verwendung der Ampèremesser, respective ihrer Zeiger oder Achsen zur Einregistrirung des ganzen oder eines Theiles der zu messenden Energie.

Verwendung des Elektrodynamometers. Eine fixe Spule wirkt auf eine bewegliche. Die eine Spule ist vom Hauptstrom, die andere von einem Theilstrom durchflossen. Die Schwingungen sind proportional zum Quadrat der Intensität und unabhängig von der Stromrichtung.**)

Verwendung der Wirkungen der Solenoïde auf bewegliche Anker, insoferne dieselben zum Messen von Strömen verwendet werden.

---

*) Die Foucaultströme sind proportional zur Intensität des magnetischen Feldes und zur Umdrehungsgeschwindigkeit der Scheibe.

**) Ein Elektrodynamometer (zuerst von Weber angegeben) besteht im Principe aus einem festen und aus einem beweglichen Leiter, von welchen der eine vom zu messenden Strome, der andere von einem Strom von bekannter Intensität durchflossen wird. Die erhaltene Schwingung ist proportional zum Product der Intensitäten der beiden Ströme. Die Empfindlichkeit dieses Apparates wurde vermehrt, indem man den zu messenden Strom in beiden Leitern einführt, wodurch ein Theilstrom

D. Elektrothermische Wirkungen.

Anwendung des Joule'schen Gesetzes: Wenn ein Strom einen metallischen homogenen Draht durchfliesst, ist die Wärme, welche in der Zeiteinheit entwickelt wird, proportional: erstens zum Widerstande, welchen der Draht dem Kreisen des elektrischen Stromes entgegensetzt; und zweitens dem Quadrat der Intensität dieses Stromes.

E. Elektro-capillarische Wirkungen.

Dieselben wurden wahrscheinlich von Becquerel entdeckt und von Lippmann in folgendes Gesetz gebracht:

Man kann eine Flüssigkeit nicht aus ihrer Gestaltung bringen oder die Natur ihrer Oberfläche verändern, ohne hierbei eine positive oder negative Arbeit zu verausgaben; diese ausgegebene oder gewonnene Arbeit kommt einer Variation der elektrischen Energie gleich.

Nach Volta existirt beim Contact zweier Körper eine Potentialdifferenz. Es wird daher auch eine Potentialdifferenz zwischen der Oberfläche der Flüssigkeit und ihrer Umgebung existiren. Wenn man die Flüssigkeit mit einer Elektricitätsquelle in Verbindung bringt, welche ihr Potential erhöht, wird die auf der Oberfläche der

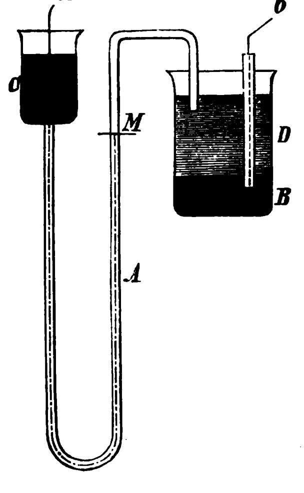
---

auf den anderen wirkt. Demzufolge sind die Schwingungen proportional zum Quadrat der Intensität und unabhängig von der Stromrichtung. Dieser Apparat gestattet es, Wechselströme zu messen. Wenn der Wechselstrom seine Richtung wechselt, so geschieht dies zu gleicher Zeit in beiden Leitern; die gegenseitige Einwirkung bleibt demnach bei jedem Stromwechsel die gleiche und die Schwingung erfolgt wie beim Gleichstrom.

Flüssigkeit freie Elektricität und mit ihr ihre oberflächliche Spannung zunehmen; die Oberfläche muss daher sich umgestalten so lange, bis ihre Capacität genügend zugenommen hat, um das Gleichgewicht zwischen der oberflächlichen Spannung und den äusseren Kräften herzustellen, welche die Oberfläche in ihre ursprüngliche Form zurückzuführen suchen.

Wenn man die chemische Beschaffenheit der Oberfläche der Flüssigkeit verändert, indem man dieselbe beispielsweise elektrisirt, so verändert man dadurch das Potential, welches zwischen der flüssigen Masse und seiner Umgebung bestanden hat. Die Menge der freien Elektricität auf der Oberfläche muss sich daher verändern und folglich auch die oberflächliche Spannung und die Form der Oberfläche.

Fig. 1.



Den auf diesen Erscheinungen beruhenden Verbrauchsmessern liegt folgendes Experiment L i p p m a n n's zu Grunde (Fig. 1). Eine Capillarröhre *A* steht einerseits mit einem cylindrischen Trichter *C* und andererseits mit Hilfe eines Syphons mit einem Glasbehälter *D* in Verbindung, auf dessen Boden sich eine Quecksilberschicht *B* befindet, über welche eine Schicht angesäuertes Wasser lagert. In jede der beiden Quecksilbermassen *B* und *C* taucht ein Stromzuleiter *a b*. Wenn durch die letzteren eine

Potentialdifferenz zwischen den beiden Massen *B* und *C* hergestellt wird, sieht man das Niveau des Meniscus *M* variiren. In diesem Experiment wirkt der Strom, indem er die chemische Beschaffenheit der Oberfläche des Quecksilber-Meniscus verändert. Die Potentialdifferenz zwischen dem angesäuerten Wasser und dem Quecksilber, welche sich je nach der Spannung oder Intensität des Stromes verändert, lässt auch das Niveau *M* entsprechend variiren.*)

Die Mass-Einheiten.

Das Erg. In dem System CGS**) ist die Einheit der elektrischen Energie das »Erg« (vom griechischen Wort »ergon«). Es ist dies die Arbeit, hervorgebracht durch die Kraft einer »Dyne«, deren Angriffspunkt einen Centimeter parallel zur Richtung der Kraft durchläuft. Die »Dyne«, welche die Einheit der Kraft in dem CGS-System ist, ist die Kraft, welche einer Masse von 1 Gr. Gewicht eine Geschwindigkeit von 1 Cm. verleiht, nachdem sie auf diese Masse eine Secunde eingewirkt hat. Diese Einheit wird gegenwärtig in der Praxis nicht benützt, weil man gewohnt ist, die Kräfte in ihrer Gewichtsfunction auszudrücken. Daraus entsteht die Nothwendigkeit, das Verhältniss auszudrücken, welches zwischen der »Dyne« und der praktischen Gewichtseinheit besteht.

Wenn ein Körper in das Leere fällt, verleiht ihm die Schwere eine Geschwindigkeit von g Cent. (981) per

*) Dumont: Dictionnaire d'Electricité, Paris. Larousse.

**) Centimeter-Gramm-Secunde.

Secunde; die Kräfte sind proportional zur Beschleunigung, folglich ist die Kraft, welche auf die Körpereinheit einwirkt, gleich g dyne. Hieraus resultirt, dass die Kraft, welche auf die Masse des Grammes (d. h. auf das Gewicht) wirkt, gleich g dyne ist. Die Dyne ist gleich $\frac{1}{g}$ Gr. Das Gewicht des Grammes ist gleich 981 Dyn und das Dyn ist gleich $\frac{1}{981}$ Gr. Das Erg ist zu klein für die Bedürfnisse der Praxis und wird in derselben als Einheit nicht angewendet.

Coulomb. Das Coulomb repräsentirt die Quantität der Elektricität, welche von einem Ampère während einer Secunde verausgabt wird.

Das Coulomb ist gleich der correspondirenden Einheit des CGS-Systems multiplicirt mit 10—1.

Ampère. Das Ampere ist wie das Coulomb gleich 10^{-1} Intensitätseinheiten des CGS-Systems. Der Coëfficient 10^{-1} wurde deswegen eingeführt, um eine Einheit zu besitzen, welche in ein System absoluter Einheiten gehörend, gestattet, die Intensitäten zu messen, ohne zu kleine Zahlen anwenden zu müssen.

Das Watt. In der neueren Zeit wird als Einheit der elektrischen Energie das »Watt« oder »Volt-Ampère« benützt. Es ist dies die Energie, welche von einem Volt durch ein Coulomb entwickelt wird. Sie ist gleich dem Producte eines Volt und eines Ampères während einer Secunde.

Eine Pferdekraft ist gleich $9{\cdot}81 \times 75 = 736$ Watts. Ein Watt ist gleich $\frac{1}{736}$ Pferdekraft.

Das Watt ist gleich $\frac{EI}{g}$ Kgr.-Meter.

Die von dem Strom geleistete Arbeit T ist: $T = \frac{EI}{9{\cdot}81}$ Kgr.-Meter per Secunde. Es ist daher $\frac{EI}{9{\cdot}81 \times 75} = \frac{EI}{736}$ Pferdekräfte. In der Praxis sind die Wattsecunden durch Wattstunden ersetzt.

Volt-Coulomb. Die praktische Einheit der elektrischen Arbeit heisst »Volt-Coulomb« oder »Joule«. Es ist die Arbeit, hervorgebracht durch ein Coulomb und ein Volt. Ein Volt-Coulomb ist gleich 10 »Meg-erg« oder 1 : 9·81 Kgr.-Meter. In der Praxis wird diese Einheit nicht angewendet.

Die Verbrauchseinheiten.

Die Lampenstunde. Als man in Amerika anfing, den elektrischen Strom auf industriellem Wege zu erzeugen und zu verkaufen, hatte man bei der damaligen Unerfahrenheit des Publicums in elektrischen Sachen es für das Praktischeste gehalten, nicht die Stromeinheit sondern die Lichteinheit zu verkaufen.

Edison, der Begründer der elektrischen Centralstationen, war von dem Grundsatz ausgegangen, die von den Gasanstalten in ihrem Verkehr mit dem Publicum erzielten Erfahrungen und Gewohnheiten auch für das elektrische Licht anzuwenden, und erwählte daher (indem er neue Einheiten und Masse vorläufig nicht schaffen wollte) die 16kerzige Glühlampe als Messeinheit, weil

sie in Leuchtkraft dem gewöhnlichen landläufigen Gasbrenner gleichkam.*)

Mit wie viel Volts und wie viel Ampères diese 16kerzige Lampe zur normalen Lichtintensität gebracht wurde, sollte dem Consumenten gleichgiltig sein, und in Wirklichkeit wäre es auch schwer gewesen, von dem Clienten die Bezahlung von Volts, Ampères, Watts oder Ergs zu verlangen, während er doch nur vom Licht etwas verstand. Da die Elektricität kein fühlbarer Körper ist, wie Leuchtgas, musste man auf eine Quantitätsmessung der Elektricität vorläufig verzichten, und man wählte daher die Lichteinheit zur Controlirung des Verbrauches.

Da der Client auch nicht viel von photometrischen Messungen verstand, sagte man ihm: »Wir geben Dir dasselbe Licht pro Lampe, welches Du von einem guten Gasbrenner erhalten würdest. Diese Lampe nennen wir eine 16kerzige und diese Lampe kostet Dich so und so viel Cents per Stunde. . . .« Damit war die Lampenstunde geschaffen.

Im Anfang schien dieses Auskunftsmittel das praktischeste. Bald aber erhoben sich Beschwerden gegen diese Bemessung. Mit der Abnützung der Lampen verloren dieselben auch an Leuchtkraft.

---

*) Edison hat sogar, um die Gewohnheiten seiner Abnehmer nicht zu stören, einen seiner Verbrauchsmesser mit »Cubikfuss Gas« graduirt, wobei die verbrauchten Ampères im Preise jener Gasmenge gleichkamen, welche für gleichwerthiges Licht an die Gasanstalt hätte bezahlt werden müssen. Für elektrische Motoren wurden eigene Verbrauchsmesser vorgeschlagen, welche Ablesungen in »Pferdekraft-Stunden« gaben.

Eine 16kerzige Lampe, welche 100 Stunden hindurch bei normaler Intensität geleuchtet hatte, gab nach diesen 100 Stunden nur mehr 14 Kerzen Licht, und je älter die Lampe wurde, desto mehr nahm auch das von ihr ausgestrahlte Licht ab.

Natürlich war der Client mit dem nicht zufrieden. Er sagte zum Lichtverkäufer: »Ihr macht mich die 16kerzige Lampenstunde zwei Cents bezahlen, in Wirklichkeit gebt Ihr mir zuerst 16, später 14 und später gar nur mehr 10 Kerzen per Lampe. — Beim Gaslicht habe ich immer die gleiche Intensität . . . Entweder gebt Ihr mir Lampen, deren Leuchtkraft immer constant bleibt, oder aber will ich die abgegebenen Lichteinheiten, nicht aber die Lampeneinheiten bezahlen.

Nun giebt es aber keine Glühlampe von constanter Leuchtkraft und darin liegt der organische Fehler der Lampenstunde, welche mit der Lichteinheit multiplicirt werden muss.

Wie aber berechnete der Unternehmer die Lampenstunde?

Er stellte einen Messer auf, welcher die verbrauchten Ampères (die Spannung in Volts als eine Constante angenommen) einregistrirte. Aus den gefundenen Ampères berechnete der Unternehmer die Lampenstunde in folgender Weise. Er sagte:

»Eine 16kerzige Glühlampe verbraucht bei normalen Verhältnissen, sagen wir, 0·50 Ampères. Es kommen daher zwei Lampenstunden auf ein Ampère. Hatte der Messer z. B. 150 Ampèrestunden einregistrirt, so wurden dem Consumenten $150 \times 2 = 300$ Lampenstunden aufgerechnet.

Nun aber ist (bei constanten Volts) die von einer Glühlampe verbrauchte Ampèrezahl keine Constante. Mit der Zeit nimmt der Widerstand der Lampe beinahe in demselben Verhältnisse zu, als ihre Leuchtkraft abnimmt.

Eine Lampe von 0·50 Ampères hat bei 110 Volts constanter Spannung 220 Ohms Widerstand, u. zw. nach der Formel:

$$I = \frac{E}{R} \quad 0{\cdot}50 \text{ Ampères} = \frac{110 \text{ Volts}}{220 \text{ Ohms.}}$$

Sagen wir, dieser Widerstand werde mit der Zeit auf 300 Ohms anwachsen, so haben wir bei constanter Spannung

$$\frac{110 \text{ Volts}}{300 \text{ Ohms}} = 0{\cdot}366 \text{ Ampères,}$$

d. h. die Lampenstunde hat nur mehr 0·366 Ampères, anstatt 0·50 Ampères verbraucht.

Haben wir im Messer 150 Ampèrestunden gefunden, so hat der Client 150 : 0·366 = 410 Lampenstunden gehabt.

Der Stromverkäufer aber rechnet die Lampenstunde mit 0·50 Ampères, er wird daher dem Clienten blos 150 : 0·50 = 300 Lampenstunden aufrechnen.

Anscheinend verliert der Verkäufer bei dieser Rechnung; in Wirklichkeit aber thut er nur, was recht und billig ist. Je weniger Ampères die Lampe verbraucht, desto mehr nimmt auch ihre Leuchtkraft ab. Die Lampenstunde zu 16 Kerzen verbraucht 0·50 Ampères; nimmt diese Ampèrezahl ab, so hat die Lampenstunde auch keine 16 Kerzen mehr, sondern sinkt in ihrer Leuchtkraft herunter.

Wir sehen daher, dass mit der Abnahme der Leuchtkraft auch die vom Messer einregistrirte Ampèrezahl abnimmt, dass daher der Consument durch die Berechnung per Lampenstunde, wenn ihr ein Ampèremesser zu Grunde liegt, nicht übervortheilt wird. Der Consument lässt sich nur schwer von der Richtigkeit dieser Thatsache überzeugen. Er antwortet immer: »Ihr macht mich die Lampenstunde bezahlen. Von Euren Ampères verstehe ich nichts. Gebt mir constantes Licht, um alles Andere kümmere ich mich nicht.«

Was hier von der »Lampenstunde« gesagt wird, gilt auch von der **„Carcel-Stunde"**, mit welcher Einheit noch hie und da gemessen wird.

Die Ampère-Stunde. Die Einführung der Ampère-Stunde fällt in eine spätere Zeit, als das Publicum mit dem elektrischen Licht vertrauter zu werden begann. Um sie dem Abnehmer begreiflich zu machen, wendete man hie und da folgende Belehrung an:

Ein Gasbrenner, welcher 16 Kerzen Leuchtkraft entwickeln soll (1·72 Carcel) verbraucht 180 Liter Gas in der Stunde. Das macht in etwas mehr als fünf Brennstunden einen Kubikmeter aus.*) Eine 16kerzige Lampen-

*) Aus einer Mittheilung, welche Bouvier in Paris auf einem Congress der Gasfabrikanten gemacht, geht hervor, dass man mit 115—120 Liter Gas ein Carcel Leuchtkraft bei Papillonbrennern erreichen könne, während Brenner mit cylindrischen Gläsern blos 80 Liter per Carcel verbrauchten. Es würde daher ein Papillonbrenner 120 l × 1·72c = 206 Liter verbrauchen, um der Glühlampe von 16 Kerzen gleichzukommen, während Brenner mit Gläsern blos 137 Liter verbrauchen, um der Intensität der als Type geltenden 16 Kerzen-Lampe nahezukommen.

stunde kommt also einem Fünftel Kubikmeter gleich. Wir haben daher:

Eine gute Gasflamme verzehrt ein Fünftel Kubikmeter in der Stunde.

Eine Glühlampe verzehrt ein halbes Ampère per Stunde.

Folglich ist ein halbes Ampère gleich einem Fünftel Kubikmeter Gas.

Ein ganzes Ampère ist gleich zwei Fünftel Kubikmeter.

Zwei Fünftel Kubikmeter kosten 12 Centimes.

Ein Ampère kostet ebenfalls 12 Centimes.

Dem Abnehmer ist es natürlich gleichgiltig, zu wie viel Volts ihm das Ampère geliefert wird. Er prägt sich nur ein, dass eine Lampe von so und so viel Kerzen so und so viel Ampère verzehrt. Es wird ihm auch begreiflich gemacht, dass, je dunkler seine Lampen leuchten, er desto weniger Ampère zu bezahlen hat, und er vergleicht dies mit dem Gaslicht, indem er sagt: »Je weniger Pression ich geliefert bekomme, desto weniger Kubikmeter habe ich zu bezahlen.« Der an das Gaslicht gewöhnte Client findet in dem Ampère eine Analogie mit der Gasquantität und das sagt seinem praktischen Sinn viel mehr zu, als die Lampenstunde, wo er meint, er müsse immer das Gleiche bezahlen, ob das Licht nun gut oder schlecht sei.

Die Ampèrestunden-Berechnung setzt natürlich voraus, dass in dem Leitungsnetz eine constante Spannung herrsche. Gewöhnlich nimmt man die durch den wechselnden Consum hervorgebrachten Variationen theoretisch mit 2—3 Volts an, in Wirklichkeit aber kommen,

besonders in kleineren Städten bei ausgebreiteten Leitungsnetzen Variationen von 2—7 Volts vor. Wird nun dem Abnehmer der Strom zu einer höheren als der normalen Spannung geliefert, so nimmt mit der erhöhten Voltzahl auch der Ampèreverbrauch zu, die Variationen bringen daher dem Stromverkäufer anscheinend keinen andern Schaden, als dass die von ihm gelieferten Glühlampen sich rascher abnützen. Der Client kann sich wohl über die »zu starke Pression«, wie er die Voltzunahme nennt, beklagen, da er aber mit derselben zugleich auch mehr Licht geliefert erhält, kann von einer directen Benachtheiligung des Abnehmers nicht gut die Rede sein.

Für den Stromverkäufer aber sind diese Variationen sehr nachtheilig. Es ist zwar wahr, dass mit der erhöhten Voltzahl auch der Ampère-Consum zunimmt; dieser geringe Mehrconsum aber steht in keinem Verhältniss zu dem Schaden, welchen er durch die rapide Abnützung der Glühlampen erleidet.

Es ist daher schon lange das Bestreben der Stromverkäufer gewesen, alle aus den Spannungsvariationen entstehenden Lasten von sich abzuwälzen und aus diesem Bestreben entstand die Watt-Stunde.

Die Watt-Stunde. Der Stromverkäufer bekümmert sich nicht mehr um den Zweck, zu welchem der Abnehmer den ihm gelieferten Strom zu verwenden gedenkt. Will er Glühlicht oder Bogenlicht damit machen, will er einen elektrischen Motor betreiben, oder will er Elektrochemie treiben — dem Verkäufer ist das Alles gleich. Er liefert den Strom bis in das Haus des Abnehmers und von da an hört seine Verantwortung auf. Er liefert nicht mehr so und so viel Ampères zu so und

so viel Volts, er liefert einfach »Watts«. Er giebt nicht mehr eine Stromquantität, sondern Energie ab, und der Abnehmer kann dieselbe verwenden wie er will.

Das schliesst nun freilich jede Schädigung des Verkäufers aus; es ist nur eine Frage, ob das Publicum heute schon mit der Elektricität so vertraut ist, um sich selbst Glühlampen oder andere Lampen anzuschaffen und dieselben gegen etwaige Strom-Variationen durch automatische Regulatoren u. s. w. zu schützen. Wir halten die Watt-Stunde in diesem Sinn für ein Zukunftsding, das sich nur schwer einbürgern wird. Behält aber der Verkäufer seine bisherige Verantwortlichkeit dem Clienten gegenüber bei, so hat der Wattmesser vor dem Ampèremesser nur wenig voraus und bildet oft nur eine unnöthige Complication der ohnedies schon genug complicirten Messsysteme.

In England kennt man auch die **Board of Trade-Unit,** welche 1000 Wattstunden bedeutet, und anderwärts auch „**Kilowatt-Stunde**" genannt wird. Manche Verbrauchsmesser markiren „**Hektowatt-Stunden**", d. h. 100 Wattstunden als Einheit.

Was verlangt man von einem elektrischen Verbrauchsmesser?

1. Genauigkeit. *) Der Messer soll zum Geringsten ebenso genau sein, als ein gewöhnlicher Gasmesser;

*) Die nachfolgenden fünfzehn Punkte sind von Prof. Forbes zuerst in einem Meeting der »Society of Arts« angegeben worden. Wir haben dieselben auf Grund unserer persönlichen Erfahrungen vermehrt, welche wir in einer von uns in den schwierigsten Verhältnissen gegründeten Centralstation erlangt haben. Der Verf.

in Wirklichkeit ist dieses Beispiel (type, standard) nicht genau genug für unsere modernen Verhältnisse.

Die Frage der Genauigkeit ist eine zweifache. Erstens müssen die Ablesungen für alle Stromspannungen und Stromstärken gleich genau sein. Es soll gleich sein, ob wir blos eine oder 100 Lampen im Stromkreise haben; die Ablesung soll für ein Hundertstel des Stromes ebenso genau sein, wie für die ganze Capacität desselben. Dies ist nun sehr selten der Fall. Besonders die Apparate, in welchen galvanometrische Instrumente zur Verwendung kommen, leiden an dem Fehler, dass sie nur bei einer gewissen Belastung genaue Indicationen geben. Als absolut genau für die grösste, ebenso wie für die kleinste Belastung kennen wir nur den elektro-chemischen Messer.*)

Zweitens sollen die einzelnen Verbrauchsmesser gleichwerthige Indicationen aufweisen. Es ist dies ausschliesslich eine Fabrikationssache. Es soll, selbst wenn von einer und derselben Type grosse Mengen hergestellt werden, jeder einzelne Messer identisch mit dem anderen sein, und einer ganz genau dieselben Ablesungen geben wie der andere.

2. Capacität. Es ist wünschenswerth, dass jeder Messer eine grosse Capacität habe. Man könnte verlangen, dass der für die stärksten Ströme gebaute Messer auch für die schwächsten anwendbar wäre. Dies ist bei

*) In dem vom Pariser Conseil Municipal veranstalteten Wettbewerb elektrischer Verbrauchsmesser wird verlangt, dass die Messer schwachem Verbrauche angemessen seien: die Quantitätsmesser sollen von zwei Zehntel Ampère, die Energiemesser von 20 Watts angefangen genaue Ablesungen gestatten.

einzelnen in diesem Buch beschriebenen Messern geradezu unmöglich.

Man hat vorgeschlagen, in jeder Anlage zwei Messer zu verwenden: einen für schwache, den andern für starke Ströme. Der kleinere Messer tritt in Function, sobald die Beleuchtung beginnt; sobald aber der Strom eine gewisse Ampèrezahl überschritten hat, schaltet sich der grössere Messer automatisch ein. Derselbe Vorgang in umgekehrter Ordnung hat statt, wenn der Strom wieder schwächer geworden ist. Man braucht also zwei theure Messer, ferner einen complicirten Commutator, bei welchem heftige Funkenbildung nicht vermieden werden kann u. s. w. Besser ist es, die Anlage in verschiedene Stromkreise zu theilen und vor jedem derselben einen besonderen Messer zu setzen. Unter allen Systemen gewährt noch der elektro-chemische Messer die grösste Dehnbarkeit in der Capacität, und wird ein für 100 Lampen gebauter Edison-Meser auch mit einer einzigen Lampe Belastung genaue Resultate ergeben. Doch wird derselbe Messer infolge von Polarisation und Widerstandsabnahme ungenaue Resultate aufweisen, falls er überlastet wird, was jedoch auch bei anderen, über ihre Capacität angestrengten Messern der Fall ist.

3. Verbrauch an Energie. Der Messer darf keinen solchen Widerstand haben, dass hierdurch ein Theil der in die Anlage gelangenden Spannung des Stromes verloren gehen könnte. Beim Edison'schen Messer wird der Hauptstrom durch eine Neusilberspirale geschickt, in anderen Messern fliesst der Hauptstrom durch Spulen, deren Querschnitt nicht genügend gross gewählt werden kann, um bei einer Ueberlastung einem Verluste

2*

in Volts vorzubeugen. In einem thermo-elektrischen Messer wird sogar der Hauptstrom zur Erwärmung einer thermo-elektrischen Batterie benützt, was einem ziemlich empfindlichen Energieverlust gleichkommt.

Zumeist findet selbst bei geringerer Belastung des Messers ein Energieverbrauch in jenem Theilstrom statt, welcher den Apparat in Betrieb erhält. Im elektrochemischen Messer wird ein Tausendstel Theil des Hauptstromes zum Niederschlage in den elektrolytischen Zellen benützt. In den anderen Messern dient der Theilstrom zur automatischen Ingangsetzung, Auslösung oder constanter Bethätigung von Uhrwerken, Zählwerken und anderen Vorrichtungen. Zumeist ist der hierbei in Rechnung kommende Energieverbrauch gar nicht in Betracht zu nehmen, weil er wegen des grossen Widerstandes der betreffenden Spulen sehr gering ist. Hierin liegt aber auch ein organischer Fehler der Apparate. Je schwächer der Theilstrom ist, desto grösser ist die Gefahr, dass die feindrähtigen Spulen des Apparates bei einer eventuellen Ueberladung sich erhitzen oder gar verbrennen werden. Man darf daher in der Berechnung des Theilstromes nicht unter ein gewisses Maass herabgehen, ebenso wie derselbe einen gewissen Bruchtheil des Hauptstromes nicht übersteigen sollte.

4. Einfachheit. Der Messer soll so einfach als möglich sein und nicht leicht ausser Ordnung gebracht werden können. Besondere Empfindlichkeit der in Bewegung gebrachten Theile soll vermieden werden.

Das ist nun ein Punkt, gegen welchen die meisten Erfinder und Constructeure gesündigt haben. Man betrachte sich nur die meisten Messer, um zu begreifen,

wie wenig dieselben der vorangestellten Bedingung entsprechen. Als Meisterwerke von Feinmechanismus sind dieselben gewiss tadellos und man kann die Ingeniosität, den Fleiss und die erfinderische Klügelei der Constructeure nur bewundern, aber man kann sich dem Bedauern nicht verschliessen, dass so viel Mühe auf eine undankbare Aufgabe verwendet wurde. Wie viele Zahnräder, Klinker, Stifte, Achsen, Federn, Hebel, Rollen, Spulen, Commutatoren, Contactpunkte es doch in einem solchen Messer giebt!

Trotz allen den vielen Erfindungen, welche auf diesem Gebiete gemacht wurden, giebt es doch nur einige wenige, welche sich in der Praxis erhalten haben, und diese sind gerade die einfachsten. In Amerika ist der Edison-Messer in Tausenden von Exemplaren verbreitet; in Deutschland dominirt Aron mit seinen einfachen Pendelmessern, in England Hookham mit den ebenso simplen Faradayscheiben-Messern, und zeichnen sich auch die reinen Wechselstrom-Messer durch Einfachheit aus. Die Praxis ist der beste Richter in dem Streit der einzelnen Systeme untereinander, und vor derselben bestehen nur wenige der bis heute ausgegebenen Verbrauchsmesser.

5. Dauerhaftigkeit. Es ist wesentlich, dass kein Theil des Apparates sich schnell abnützen könne, was nicht nur grosse Unterhaltungskosten, sondern auch unrichtige Angaben des Messers hervorrufen würde. Contacte, zwischen welchen häufig ein Unterbrechungsfunke statt hat, nützen sich, selbst wenn sie aus Platin hergestellt werden, rasch ab und vermehren den Widerstand im Stromkreis, in welchem sie eingeschaltet sind.

6. Besorgung. Bei sonst gleichen Bedingungen ist jener Messer der beste, welcher die geringste Besorgung verursacht. Alles Aufziehen von Uhrwerken, Zählwerken u. s. w. ist lästig und erfordert umständliche Controle.

7. Registrirung. »Der Messer soll in einer leicht ersichtlichen Weise einregistriren, so dass der Stromabnehmer zu jeder Zeit seine Genauigkeit controliren kann.« So sagt Prof. Forbes und mit ihm äussern noch Viele diesen Wunsch, der aber leider nicht leicht in Erfüllung gehen kann.

Der Registrirung der Messer ist schon viel Mühe und geistige Arbeit geopfert worden, ohne dass ein wirklich befriedigendes Resultat erzielt werden konnte.

Zuerst ist ein Zählwerk nothwendig. Dasselbe kann nicht allzu robust hergestellt werden, weil es nur geringe Reibung haben soll, damit nicht zu seiner Bethätigung zu viel elektrische Energie verschwendet werde. Beim Gasmesser ist die im Zählwerk entwickelte Arbeit kein Verlust, höchstens ein Pressionsverlust, während an der gelieferten Quantität nichts verloren geht. Beim Elektricitätsmesser ist, je schwerer das Zählwerk geht, der Stromverlust ein umso grösserer. Oft ist in einem elektrischen Verbrauchsmesser das Zählwerk eine Fehlerquelle (wie z. B. beim Ferranti-Messer), da die in ihm zu entwickelnde Kraft als eine Constante angenommen wird, während Staub, vermehrte Reibung u. s. w. immer etwas daran ändern.

Aber selbst vorausgesetzt, die Messer seien nicht mit schablonenmässig hergestellten, sondern mit gewissenhaft ausgearbeiteten, leicht gehenden, in jeder

Beziehung tadellosen Zählwerken ausgestattet, so heisst es nun, dieselben durch irgend eine Vorrichtung zu bethätigen, so dass sie entweder fortwährend oder zu gewissen Zeitpunkten die Ampèrezahl einregistriren.

Continuirliche Einregistrirung ist nur in wenigen Fällen mit dem Messer-System vereinbar*) und die meisten Erfinder haben daher für eine in gewissen Zeitpunkten vor sich gehende Einregistrirung (alle Minuten, alle drei, alle fünf Minuten) vorgesorgt. Dies ist nun an und für sich schon ein Fehler, weil das zwischen diesen Zeitpunkten Vorgehende vom Messer unbeachtet gelassen wird. Es kann vorkommen, dass in dem Zeitraum von einer Minute zur andern eine Ueberlastung des Messers vorgekommen ist — der Messer aber schweigt darüber. Wenn man alle diese nicht einregistrirten Variationen in einem Jahre zusammenzählen könnte, würde wohl ein hübsches Sümmchen herauskommen (z. B. in einem Theater), welches gegenwärtig dem Stromabgeber verloren geht.

Aber setzen wir auch voraus, dass diese Variationen ein Minima seien. Es ist also ausser dem Zählwerke noch ein Uhrwerk nöthig, welches das Zählwerk in bestimmten Zeitperioden in Gang bringt und es nach geschehener Registrirung wieder auslöst. Vielfach liess man das Uhrwerk immer gehen und zog es alle Monate auf. Das aber hatte seine Beschwerden. Entweder ging die Uhr nicht richtig und der Abnehmer zweifelte

*) Eine continuirliche Einregistrirung hat statt in jenen Messern, in welchen Pendeln schwingen und in jenen, wo die Schwingungen eines galvanometrischen Instrumentes auf eine Rolle endlosen Papiers einregistrirt werden.

dieserhalben an der Richtigkeit des Messers, oder aber man vergass manchmal, das Werk aufzuziehen.

Man kam nun dahin, das Uhrwerk nur dann in Gang zu setzen, solange Strom im Apparat vorhanden ist, und die Ingangsetzung ebenso wie die Sperrung des Uhrwerkes auf elektrischem Wege zu vollbringen. Dieses erfordert nun complicirte Vorrichtungen, sowohl mechanische wie elektrische, zu welcher ausserdem noch die Nothwendigkeit kam, auch das Aufziehen des Uhrwerkes auf automatischem Wege zu bewerkstelligen.

Der Leser wird aus der Beschreibung der einzelnen Apparate ersehen, welch' umständliche Sache alles das ist und wie complicirt ein solcher Apparat ist. Wenn man nun bedenkt, dass oft ein Staubkörnchen, ein unvollkommener Contact, eine lose Schraube u. s. w. genügen können, um den aus hundert Gliedern zusammengesetzten Apparat stille stehen zu machen, so müsste man wirklich, wenn es keinen anderen Ausweg gäbe, der Meinung der Feinde der Elektricität beipflichten, dass es bis heute noch keinen industriellen elektrischen Verbrauchsmesser gäbe.

Aber setzen wir nun auch voraus, dass derlei Apparate vollkommen sicher und genau seien, dass sie nie ausser Ordnung gebracht werden können, und dass trotz ihrer delicaten Theile Störungen nur selten vorkommen können. Setzen wir dies Alles voraus und fragen wir uns: »Was haben wir mit allen diesen Meisterwerken erreicht?«

Der Stromabnehmer, der in aller Herren Ländern ein grosser Skeptiker ist, wird uns sagen: »Ich sehe wohl, dass Euer Uhrwerk gut functionirt, dass die Ab-

lesungen desselben meinem Verbrauche proportional sind; wer verbürgt mir aber die Richtigkeit Eures Masses? Ich weiss nicht, was ein Ampère ist, ich kann es nicht greifen und nicht nachcontroliren. Wer verbürgt mir, dass mein Ampère nicht grösser ist wie jenes meines Nachbars?«

Der Stromabnehmer ebenso wie der Gasconsument glauben sich immer übervortheilt. Das ist eine unrüttelbare Thatsache, und selbst, wenn man einen wirklich idealen Verbrauchsmesser construiren könnte, würde man das Misstrauen des Clienten nie verbannen können. Um dasselbe zu besiegen, wäre es nicht nothwendig, so complicirte Apparate herzustellen. Der Abnehmer glaubt selbst den schönsten Zifferblättern nicht, das wissen die Gasfabrikanten wohl am Besten aus ihrer Erfahrung. Wenn der Abnehmer wirklich controliren will, dann fängt er immer damit an, dass er den bei ihm angebrachten Messer als falsch erklärt und sich seine Rechnung auf eigene Faust macht. Wenn nun gar der Messer nicht absolut sicher functionirt, wenn es nothwendig ist, denselben ein- oder zweimal im Jahre einer Reparatur zu unterziehen, dann ist es mit dem Vertrauen des Abnehmers schon ganz und gar zu Ende und er wird, den Apparat vollständig ausser Acht lassend, sich seinen Consum empirisch berechnen und nach seiner Berechnung auch bezahlen wollen.

In diesem Misstrauen liegt auch die Erklärung der Thatsache, dass es noch heute viele Centralstationen (besonders in Amerika) giebt, wo elektrische Verbrauchsmesser gar nicht angewendet werden. Und selbst dort, wo sie angewendet werden, kommt der Abnehmer (be-

sonders der grössere Consument) zum Abgeber und sagt ihm: »Ich verstehe nichts von Euren Ampères, Watts und Kilowatts. Machen wir einen Pauschalvertrag, mit so und so viel per Jahr, und nehmen Sie Ihren Messer zurück.«

In diesem Misstrauen liegt ferner die Erklärung, warum in den ältesten, grössten europäischen Centralen, in Berlin und Mailand, noch immer nach Lampenstunden gerechnet wird. Der Abnehmer frägt nicht: »Wie viel Ampère verbraucht eine Lampe?« sondern er frägt: »Wie viel kostet mich eine zehnkerzige, eine sechzehn- oder zwanzigkerzige oder eine Bogenlampe per Stunde?« Und wenn der Monat vorüber ist, rechnet er: »Ich habe meine Lampen so und so viel Stunden gebrannt, und soviel Lampenstunden habe ich auch zu bezahlen.« Stimmt der Messer mit seiner Berechnung, umso besser. Stimmt er nicht, dann giebt es eben fortwährende Streitigkeiten zwischen Abgeber und Abnehmer.

Aus allen diesen Gründen behaupten Viele, dass die Einregistrirung des Consums in einem elektrischen Verbrauchsmesser keinen decisiven Werth hat und ein Desideratum ist, dem vom Clienten in einem Streitfall absolut keine Beweiskraft zugestanden wird.

Wenn sich der Client übervortheilt glaubt und nicht bona fide gegen den Stromabgeber ist, dann imponirt ihm auch nicht der complicirteste Mechanismus und es war wahrhaftig nicht nothwendig, dem Clienten zu Liebe die Erzeugung von Verbrauchsmessern in eine falsche Bahn zu lenken. Der registrirende Verbrauchsmesser mit Uhrwerk ist kostspielig, complicirt und delicat, und befriedigt weder Abgeber noch Abnehmer.

Der Abnehmer misst ihm kein Vertrauen bei und der Abgeber kann mit einem solchen Apparat nie seiner Sache so sicher sein, dass er beschwören könnte, der Messer habe wirklich zu allen Zeiten richtig functionirt. In den meisten Fällen hat nicht einmal der Stromabgeber Vertrauen zu dem von ihm aufgestellten Messer, der sich ja, wie alle Uhrwerke, sehr leicht ausser Ordnung bringen lässt. Welche Controle hat der Stromabgeber für die Richtigkeit seines Messers? Er muss sich einfach auf die Unfehlbarkeit des Registrirapparates verlassen. Wie es aber mit dieser Unfehlbarkeit bestellt ist, ist nicht schwer zu errathen, wenn man nur die Complicirtheit solcher Apparate ins Auge fasst.

8. Verificirung. Es soll immer leicht möglich sein, den Messer zu verificiren und soll die betreffende Operation nicht viel Zeit in Anspruch nehmen. Diese Bedingung wird nur von wenigen Messern erfüllt und dauert es bei manchen Systemen tagelang, bis sie endlich als richtig gehend declarirt werden können.

9. Uebervortheilungen. Bei manchen Messern ist es dem Abnehmer leicht, den Abgeber zu übervortheilen, bei manchen wieder schwer. Alle Messer aber können durch Kurzschluss derselben ausser Function gebracht werden. Manche Messer können in ihren Lesungen durch eine nahegerückte Eisenmasse, durch einen Magneten in ihrem Gange verzögert werden,*) andere

*) Um zu verhindern, dass der Consument mit einem dem Messer nahegerückten Magnet die Ablesungen desselben verzögern, resp. dieselben verringern könne, haben Ayrton und Perry folgende Vorsichtsmassregel angewendet. Von Zeit zu Zeit wird bei ihrem System die Stromrichtung gewechselt, was zur Folge hat, dass bei einem

wieder werden alterirt durch eine in der Nähe stattfindende Wärmeausstrahlung. Wieder andere werden ausser richtiger Function kommen, wenn sie aus dem Niveau gebracht werden.

10. Billigkeit. Der Messer soll billig zu erstehen sein. Manche in diesem Buche behandelten Systeme sind für geringen Consum beinahe unzugänglich und sind, selbst wenn sie in Miethe gegeben werden, noch zu theuer.

Im August des Jahres 1890 waren die Preise einiger der bekanntesten Verbrauchsmesser folgende:

Type	Benützbar bis Ampères									
	12	25	50	75	100	150	200	300	400	500
Aron's neuer Elektricitätszähler (Mark) . . . . (Voltcoulombzähler)	148	160	175	190	205	225	250	300	350	400
Aron's Elektricitätszähler (Mark)	133	143	155	170	190	205	225	275	325	375
Aron's Coulombzähler für Dreileiterkabel (Mark) .	165	180	200	225	260	300	350	375	500	—
Cauderay, Paris (Francs) .	240	275	325	375	500	—	600	650	700	750
Brillié, Paris (Francs) . .	240	260	300	400	580	700	900	—	—	—
Edison, New-York (Dollars)	10	12	15	—	25	—	—	—	—	—

11. Temperatureinwirkungen. Messer sollen keine leicht gefrierbaren Flüssigkeiten enthalten, und wenn schon, so soll dem Gefrieren durch einen Thermostat vorgebeugt werden.

etwaigen Betrugsversuche der Messer anstatt weniger mehr Verbrauch anzeigt, als wirklich statthatte, und also der Betrüger seine Rechnung eher erhöht als vermindert sieht.

12. Gleich- und Wechselströme. Manche Messer können blos für Gleichstrom, andere wieder blos für Wechselströme benützt werden. Ein Messer, welcher für beide Stromgattungen anwendbar ist, hat doppelten Werth. Manche Centralstationen geben von beiden Gattungen Strom ab und besonders in einem solchen Falle ist es wichtig, einen einheitlichen Messer zu haben.

13. Anzahl der Wechsel. Wechselstrom-Messer sollen mit gleicher Genauigkeit messen, welch' immer auch die Anzahl der Alternationen per Secunde sind.

14. Stromunterbrecher. Es sollen in keinem Messer Vorrichtungen gestattet sein, welche irgend einen Stromkreis unterbrechen, weil die hiezu verwendeten Contacte sich mit der Zeit abnützen.

15. Solide Construction. Die Messer sollen äusseren Einflüssen leicht widerstehen können und aus solidem Material hergestellt sein.

Zu diesen fünfzehn Punkten fügt Verfasser noch hinzu:

16. Messung des Stromes. Der Messer soll immer den Hauptstrom direct und nie einen Theilstrom messen. Manche Erfinder behaupten zwar, dass in ihren Apparaten der Theilstrom immer proportional zum Hauptstrom sei; so lange aber durch verschiedene Ursachen der Widerstand des vom Theilstrom durchflossenen Leiters sich verändern kann, steht diese Behauptung auf sehr schwachen Füssen.

17. Remanenter Magnetismus. In einem Verbrauchsmesser soll der remanente Magnetismus von Ampèremessern, Elektromagnet-Ankern, Solenoïdkernen u. s. w., u. s. w. nicht die Ursache von Fehlern in den Ablesungen werden können.

18. Doppelte Registrirung. Es soll womöglich dafür vorgesorgt werden, dass der Gang des Verbrauchsmessers durch einen vom Hauptapparat vollständig unabhängigen Nebenapparat dermassen controlirt werde, dass bei etwaiger Ausserbetriebsetzung des Messers durch irgend einen Unfall, dennoch eine Registrirung des mittlerweile statthabenden Verbrauches stattfinde. Es soll vermieden werden, dass mit dem Stillstand des Apparates auch zugleich ein totaler Stillstand der Registrirung eintrete.

Theoretische Eintheilung der Verbrauchsmesser.

Je nachdem der dem Abnehmer gelieferte Strom bemessen werden soll, theilen sich die Verbrauchsmesser in verschiedene Kategorien ein.

Will man die verbrauchte Energie messen, so hat dieselbe zum Ausdruck: VA. V bedeutet die Potentialdifferenz oder Volts, A die Intensität des Stromes oder Ampères. Das Product der Beiden ist »Watts« oder Voltampères.

Für eine bestimmte Zeitperiode ist daher die verbrauchte Energie:

$$\int VA\,dt.$$

Wenn die Potentialdifferenz in der Centralstation eine gleiche bleibt, so ist V eine Constante und der verbrauchte Strom berechnet sich nach der Formel

$$\int A\,dt.$$

In diesem Falle giebt der Verbrauchsmesser die Ampèrezeit an. Er wird daher **Ampèrezeit-Messer** oder **Coulombmesser** genannt. (Quantitätsmesser.)

Wenn aber die Centralstation mit constanter Intensität und variabler Potentialdifferenz arbeitet, ist A eine Constante und wir haben die Formel

$$\int V dt.$$

In diesem Fall giebt der Verbrauchsmesser die Volt-Zeit an und wird **Voltzeitmesser** genannt.*)

Wenn sowohl A als V variabel sind, haben wir:

$$\int V A dt$$

Dann heisst der Verbrauchsmesser **Voltampère-Messer** oder **Wattzeitmesser** oder auch Energiemesser. (Ergmesser, Joulemesser.)

Praktische Eintheilung in Classen.

Zur leichteren Uebersicht haben wir die Messer in folgende Classen eingetheilt:

I. Elektrochemische Messer ohne selbstregistrirendes Zählwerk, beruhend auf den Gesetzen der Elektrolyse.

II. Elektrochemische Messer mit selbstregistrirendem Zählwerk.

III. Elektrochemische Messer mit beweglicher oder drehbarer Elektrode und selbstregistrirendem Zählwerk.

---

*) Voltmesser sind als Verbrauchsmesser in den praktischen Gebrauch nicht übergegangen. Es giebt eine genügende Anzahl selbstregistrirender Voltmesser, von welchen die meisten die Variationen auf eine Rolle endlosen Papieres eintragen. Der Edison'sche Messer eignet sich besonders als Voltzeitmesser. Er wird an die zwei Hauptklemmen des zu messenden Stromes angeschlossen. Die Intensität des diese Abzweigung durchfliessenden Stromes ist immer proportional zur Potentialdifferenz an den Abzweigungspunkten und der Metallniederschlag giebt uns die Voltzeit. In dem chemischen Voltzeitmesser Wright's giebt der Zeiger einer Wage auf einem graduirten Kreisbogen das Gewicht des Metallniederschlags direct an.

IV. Gasexpansions-Messer, beruhend auf der Zersetzung von Wasser oder angesäuerten Flüssigkeiten, auf dem reinen Voltameter beruhend. (Andere Gasmesser sind unter den elektrothermischen Messern aufgeführt.)

V. Elektromechanische Messer, beruhend auf der durch den elektrischen Strom hervorgebrachten Anziehung von Ankern, Pendeln, Hebeln, Solenoïden, auf den Schwingungs- und Bewegungsunterschieden dieser magnetisch beeinflussten Apparate, verbunden mit Uhrwerk und Zählwerk.

VI a. Elektromotorische Messer, bei welchen der elektrische Strom die Drehung eines Motors, einer Scheibe, eines Rades, eines Cylinders hervorbringt, welche Drehung, auf passende Weise gedämpft, von einer Uhr und einem Zählwerk einregistrirt wird.

VI b. Reine Wechselstrommesser, aufgebaut auf dem elektromotorischen Principe.

VII. Ampère- oder Coulomb-Messer, bei welchen die Schwingungen der Nadel eines Ampèremessers von einer Uhr und einem Zählwerk einregistrirt werden. Hiezu gehören auch die Messer, bei welchen das Zählwerk durch eine Rolle endlosen Papiers und durch einen Stift ersetzt wird.

VIII. Quecksilber-Rotations-Messer.

IX. Elektrothermische Messer.

X. Photographische Messer.

XI. Messer auf der Foucaultscheibe beruhend.

XII. Messer, welche mit Accumulatoren betrieben werden.

XIII. Messer mit Elektrodynamometern oder Energiemesser.

XIV. Lampenstunden- oder Verbrauchszeitmesser.

Da viele Coulombmesser ebenfalls als Wattmesser benützt werden können, und ausserdem Volt-Verbrauchsmesser nicht in praktischer Anwendung existiren, haben wir von einer Untertheilung der Messer in Coulomb-, Watt- und Voltmesser abgesehen. Da viele Messer für Gleichströme auch für Wechselströme benützt werden können und umgekehrt, haben wir auch keine besondere Eintheilung für Gleichstrom- und Wechselstrommesser angenommen. Die reinen Wechselstrommesser sind in Classe VI b eingereiht, da sie zumeist elektromotorische Messer sind.

Ferner können wir die Messer noch eintheilen in solche:

a) mit directer Ablesung, bei welchen das Zählwerk mit Zifferblättern versehen ist, welche die Ampère-Stunden oder Wattstunden oder andere Einheiten direct anzeigen;

b) Messer, bei welchen auf einer Rolle ein Diagramm oder eine Curve eingezeichnet wird, welches dann zur Berechnung der als Mass dienenden Einheiten gebraucht wird;

c) Messer ohne alle Ablesung.

Hospitalier*) theilt die Verbrauchsmesser in zwei grosse Gruppen ein:

I. *Compteurs intégrateurs:*

1. Verbrauchszeitmesser: Aubert, Soulat, Couderay, Hors-Humbert.
2. Ampèrestundenmesser oder Coulomb-Messer: Ohne Stundenmesser:
   Chemische Messer. Edison.

---

*) Les compteurs d'Energie Électrique. Paris, 1889. G. Masson éditeur.

Motorische Messer. Ferranti-Lippmann. Siemens.
Thermische Messer. Forbes.
Motorische Messer für Wechselströme. Borel und Paccaud. Schallenberger.
Mit Stundenmesser:
Continuirliche Integration: Aron. Vernon-Boys.
Discontinuirliche Integration: Cauderay.

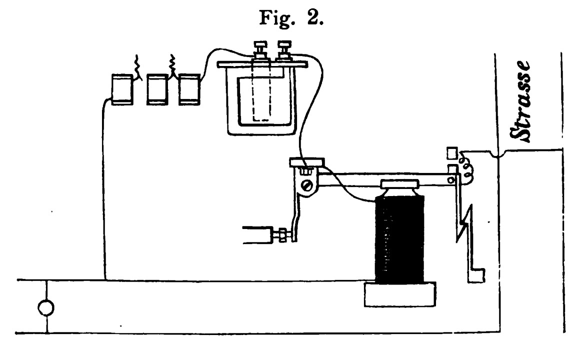
3. Voltstundenmesser. Chemische: Wright. Mechanische.
4. Wattstundenmesser. Ohne Stundenmesser: Weston. Mit Stundenmesser: Continuirliche Integration. Aron. Discontinuirliche Integration: Brillié.

II. *Compteurs enregistreurs* (Siehe Abschnitt XV). Richard.

I., II. und III.

Der erste, auf die Grundsätze der Electrolysis aufgebaute Messer wurde **Edison** im Jahre 1880 patentirt.

Fig. 2.

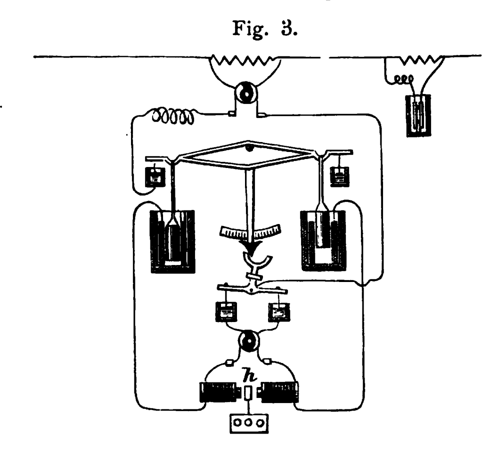


Derselbe hatte die in Fig. 2 dargestellte Anordnung. Ein elektromagnetischer Stromunterbrecher steht in Ver-

bindung mit einer Zelle, welche sich im Nebenschluss befindet. Der Widerstand dieser Zelle ist so angeordnet, dass ein bestimmter Bruchtheil des zu messenden Stromes durch dieselbe geht.

Diesem »Fundamental electrolytic meter« folgte im Jahre 1882 der **„recording electrolytic meter“** oder automatisch registrirender chemischer Messer. Zur Zeit der elektrischen Ausstellung in Paris 1881 wurde

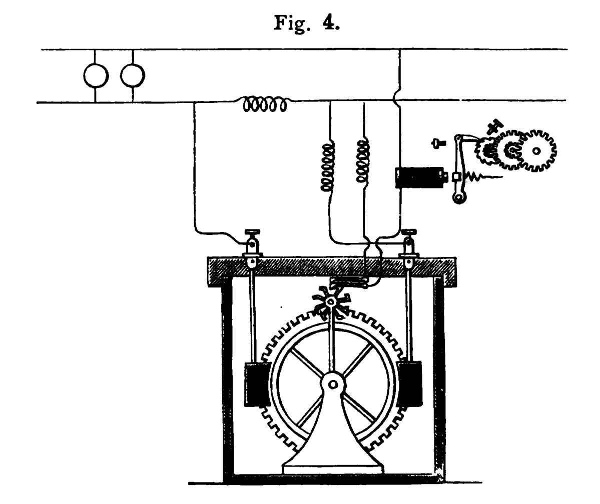
Fig. 3.



der Edison-Messer in Form eines automatisch registrirenden Apparates gezeigt. Derselbe hatte zwei elektrolytische Zellen. Eine Platte jeder Zelle war an dem Hebel einer empfindlichen Waage aufgehangen und die Stromkreise waren so angeordnet, dass zu einer gegebenen Zeit immer blos eine Zelle von Strom durchflossen war. Die elektrolytische Action in dieser Zelle brachte die Wage aus ihrem Gleichgewicht, der Hebel schnappte über, schaltete gleichzeitig den Strom auf die andere Zelle und markirte »Eins« im beigefügten Zählwerk (siehe Fig. 3). Das

Zählwerk wird auf elektrischem Wege durch den Zeiger der Waage in Gang erhalten. Hilfswerkzeuge hiebei sind Quecksilbercontacte und Luftkissen. Stromrichtungs-Wechsler (reversing commutators) werden alle Monate durch Handmanöver umgeschaltet, um den Kupfer-niederschlag von einer Platte zur anderen nach Belieben zu wechseln. Eine einzelne elektrolytische Zelle ist als

Fig. 4.



Controle beigeschlossen, was darauf hinweist, dass der Erfinder nicht viel Vertrauen in den mechanischen Theil des Meters hatte. Sobald dieser Messer in Praxis über-gegangen war, zeigten sich zwei Uebelstände. Erstens, wenn die Temperatur der Luft eine hohe war, nahm der Widerstand der Lösung ab, und es wurde also eine grössere Menge Metall niedergeschlagen. Zweitens gab die Anordnung, dass der Niederschlag bald auf einer, bald wieder auf der anderen Platte statt hatte, Anlass zu

vielen Irrungen, und diese Registrirungsmethode musste aufgegeben werden.

Eine andere Art elektro-chemischen Messers ist Edison's „**revolving recording electrolytic meter**“ oder »drehender automatisch registrirender chemischer Messer«, wie er in Fig. 4 dargestellt wird. Zwischen zwei Elektroden in einer Zelle ist ein Rad oder ein Cylinder aus demselben Metall aufgestellt, welche sich um ihre Achse drehen können. Es ist ersichtlich, dass, wenn das Rad (oder Cylinder) vollkommen ausbalancirt und sehr genau gearbeitet wäre, es durch die Passage des Stromes in der Flüssigkeit aus seinem Gleichgewicht gebracht und in Drehung versetzt würde. Die Geschwindigkeit dieser Drehung hinge dann blos von dem Reibungswiderstand in den Achsenlagern ab.

Wenn nun das Rad so angeordnet wird, dass z. B. eine halbe Umdrehung desselben einer bestimmten Stromeinheit gleichkäme, so würde die Umdrehungs-Geschwindigkeit proportional zur Intensität des zu messenden Stromes werden. Das Rad, indem es seine halbe Umdrehung vollendet, befindet sich in derselben Richtung wie der von einer Platte zur andern gehende Strom. Es wird daher an den beiden entgegengesetzten Hälften des metallischen Rades ebenfalls je ein Metallniederschlag und je eine Metallabnahme stattfinden. Durch diese entgegengesetzte Wirkung wird das Gleichgewicht des Rades verändert und die Umdrehung des Rades beginnt von Neuem und wird, sozusagen, eine continuirliche, so lange die Platten in elektrolytischer Thätigkeit sind. Die Geschwindigkeit der Umdrehung ist proportional zu dem niedergeschlagenen Metall und

platten der Zellen geht, von einer Platte Zink abnehmend und dasselbe auf die andere Platte niederschlagend. Das Gewicht des niedergeschlagenen Zinks ist proportional zur Stromintensität.

In dem Dreileiter-Messer giebt es vier Zellen, in dem Zweileiter-System zwei. Einfache Zellen statt Zellenpaaren würden genügend sein, aber man stellt Paare ein, um die Messungen genauer zu machen und um eine Reserve zu haben, falls eine Zelle während ihres Dienstes stromlos würde.

Der Kasten ist aus paraffinirtem Holz gemacht und trägt die Contactstellen für die Hauptleitung.

Um die Aenderungen des Widerstandes der Zinksulphatlösung auszugleichen, welche durch Temperaturveränderungen hervorgerufen werden, wird in den Stromkreis jeder Zelle eine Kupferdrahtspule (compensating spool) eingeschaltet, deren Querschnitt so berechnet ist, dass ihr Widerstand durch Wärme in demselben Verhältniss zunimmt, als der Widerstand der Zinksulphatlösung abnimmt, wodurch das Ganze einen nahezu constanten Widerstand erhält.

Der »Thermostat« besteht aus zwei Metallstreifen; der eine aus Messing, der andere aus Stahl. Beide sind zusammengenietet, und ist ein Ende des Streifens in einem Gussstück festgehalten, während das andere Ende beweglich ist. Dem beweglichen Ende gegenüber befindet sich ein Lampenhälter. Wenn die Temperatur im Messer unter einen gewissen Grad hinabgeht, wird sich das Messing besser zusammenziehen wie der Stahl; der Streifen biegt sich, lehnt sich an den Lampenhälter an, schliesst den Stromkreis einer Glühlampe, welche glühend

wird und das Innere des Messers erwärmt. Wird die Temperatur wieder normal, so wird der Streifen wieder steif und die Lampe erlischt.

Die Zellen sind einfache Gläser, deren Grösse je nach der Capacität des Messers variirt. Oben trägt das Glas ein Gewinde, auf welches sich ein Blechring aufschraubt, welcher den ebenfalls aus Glas bestehenden Deckel niederhält. In dem Deckel befinden sich zwei Löcher, aus welchem die Kupferstifte der Elektroden hervorragen. Korkpfropfen und Kautschukringe machen den Verschluss dicht.

Jede Zelle hat zwei Zinkplatten. Dieselben sind aus dickem Blatt-Zink ausgestanzt. Am oberen Ende der Platte ist ein Kupferstift eingeschraubt, welcher als Contactpunkt dient. Blöcke aus Hartgummi, sowie ebensolche Schrauben halten die Zinkpaare in geeigneter Entfernung zusammen.

In einem alten Edison-Messer ist der Widerstand einer Zelle mit Hinzurechnung der Compensations-Spule 973 mal jener des »Shunt«, durch welchen der Hauptstrom geht. Nachdem es für jeden Pol zwei Zellen giebt, welche parallel geschaltet sind, wird der Widerstand des Flaschenpaares $973:2 = 486{\cdot}5$ sein. Es wird also der Strom, welcher durch beide parallel geschaltete Gläser geht, die Hälfte von $\frac{1}{487.5} = \frac{1}{975}$ tel Theil des Hauptstromes sein, so dass die Proportion des Stromes, welche durch die Messzellen geht, $\frac{1}{975}$ tel Theil des zu messenden Stromes ist.

Dieser Strombruchtheil nimmt von einer Platte und

schlägt auf die andere Platte 1.224 Mgr. Zink per Ampère und per Stunde nieder.

Dieser Zinkniederschlag bildet die Basis der Berechnung für die Lampenstunden.

Das gefundene Niederschlags-Gewicht, oder eigentlich der Zinkverlust der positiven Platte wird mit der Constante des Messers multiplicirt. Diese Constante wird folgendermassen erhalten:

S = Preis einer Lampenstunde,
C = Ampères per Lampe.

Der Strom, welcher durch die Zelle hindurchging, ist $= \frac{C}{975}$

Nachdem 1·224 Mgr. niederschlagenes Zink eine Ampère-Stunde ausmachen, wird eine Lampenstunde gleich sein $\frac{1224 \times C}{975}$ zum Preise von S. Es wird also der Preis für einen Strom, welcher ein Mgr. Zink niedergeschlagen hat, sein:

$$\frac{S}{\frac{1.224\ C}{975}} = \frac{S \times 975}{1224\ C} = \text{Constante.}$$

Setzen wir den Fall, bei einem Clienten würden nach einem Monat Zellen mit einem Durchschnitts-Niederschlag von 3312 gefunden. Wenn die Constante z. B. = 12 ist, so hat der Client

$3312 \times 12 = 39744 =$ 39 Dollars 74 Cents

zu bezahlen.

Es ist leicht vorauszusehen, dass bei einem chemischen Messer manche Störungen vorkommen können.

Die möglichen Fälle sind:

I. Eine Zelle kann zerspringen und die Lösung kann auslaufen.

II. Ein Deckel kann bersten und ein Pfropfen kann lose werden, so dass die Flüssigkeit verdunstet.

III. Die Lösung kann von ungehöriger Dichtigkeit sein.

IV. In dem Messer kann ein ungenügender Contact vorhanden sein. Die Compensations-Spule kann im Kurzschluss liegen.

V. Uebermässige Strom-Intensität oder ungenügende Amalgamirung kann Polarisirung der Platten oder Gas blasen hervorrufen, welche den Widerstand der Zelle vermehren.

VI. Der Zinkniederschlag ist ein unregelmässiger in Folge Ueberladung des Messers. In diesem Falle setzt sich das Zink in schwammiger, gesträuchartiger Form nieder und schliesst die Zellen kurz.

VII. Die Zelle war irrthümlicher Weise gar nicht eingeschaltet.

Damit ein Edison'scher elektro-chemischer Messer gut functionirt, gehört nicht besonders Viel. Alles, was man dazu braucht, ist ein gewissenhafter Arbeiter und gute Sulfat-Lösung.*) Die Hauptbedingnisse sind:

---

*) Prof. Forbes, der die Frage der Verbrauchsmesser gründlich studirt und mit den betreffenden Erfindern discutirt hat, giebt über den Edison-Messer folgende Meinung ab: »Man kann sagen, dass dieser Messer nicht genau derselbe ist, den wir wünschen würden, weil die Abnehmer keine Controle über die richtige Wägung haben und bloss von der Ehrlichkeit und der Treue der betreffenden Elektricitäts-Genossenschaft abhängen. Ebenso hat man eingewendet, dass das Shunt-Arrangement bei wechselnden Temperaturen nicht perfect sein kann. Es kann sein, dass viele Stromabnehmer in den amerikanischen

Das Zinksulphat soll chemisch rein sein. Das Wasser, in dem es aufgelöst wird, soll ebenfalls rein sein. Wenn die Lösung stets ein und dasselbe specifische Gewicht hat, können Irrungen nicht vorkommen. Die Platten sollen gut amalgamirt sein, damit sie nicht polarisirt werden. Sie sollen gut gewogen werden.

Man kann dem elektro-chemischen Messer folgende Vorwürfe machen:

Die Zellen müssen jeden Monat erneuert werden. Die Platten müssen eben so oft abgewogen, getrocknet, neu amalgamirt und polirt werden. Es erfordert dies zahlreiches Personal und ein grosses Laboratorium.

Der Verfasser, welcher aus einer langjährigen Praxis mit dem Edison'schen Messer urtheilt, kann in diesem Vorwurf nichts Ernstes finden. Eine Centralstation von über 1000 Lampen wird die Ausgaben für den elektro-chemischen Messer nicht allzu theuer finden. Das zu seiner Bedienung erforderliche Personal besteht aus einem Laboranten, welcher die Platten wiegt, die Lösung anmacht und Alles in Ordnung hält.

Ein geübter Laborant wiegt leicht hundert Platten im Tage. Ausser dem Letzteren ist noch ein Hilfsarbeiter erforderlich, welcher die Zellen einsammelt und sie wieder austrägt. Bei verständiger Arbeitstheilung

---

Centralstationen denken, das die Beamten Edison's gar nicht wägen, sondern die Consommation nur so ungefähr abschätzen und aufs Gerathewohl die Rechnungen ausstellen. Das ist nun ein grosser Irrthum.«

Edison selbst sagt von seinem Messer: »Es ist kein idealer Messer, aber er ist einfach und effectiv, und giebt überall gute Resultate, wo man ihn benützt.« Prof. Forbes macht diese Meinung zu der seinen.

genügen drei Personen vollkommen für zweihundert Messer. Der Raum, in welchem die Messer gehandhabt werden, braucht nicht grösser zu sein als eine Reparaturwerkstätte, welche für die Messer anderen Systems absolut nothwendig ist.

Die zum elektro-chemischen Messer nothwendigen Materialien sind chemisch rein leicht zu haben. Zinksulphat wird für Centralstationen besonders präparirt. Ein Destillationsapparat für Wasser ist ebenso leicht zu beschaffen.

Wo ein solcher nicht beschafft werden kann, wird man Wasser von schmelzendem Eise nehmen. Die Lösung kann mehreremale gebraucht werden, und kann späterhin das in ihr enthaltene Sulfat durch Verdampfen wieder gewonnen werden. Die Kosten der Unterhaltung des Messers sind sehr gering und werden durch die bei anderen Systemen nothwendigen Reparaturkosten leicht aufgewogen.

Ein anderer Vorwurf ist dieser: Im Edison'schen Messer wird ein kleiner Bruchtheil des ganzen Stromes genommen und durch eine elektrolytische Zelle gebracht, deren Beschaffenheit von Zeit zu Zeit variirt, so dass der Widerstand nie ein constanter ist. Die Compensations-Spule wird im Verhältniss zur Widerstandsveränderung in der Zelle nur im geringen Massstabe ihren Widerstand ändern. Wenn bloss ein geringer Bruchtheil des Stromes gemessen wird, so wird auch jeder vorkommende Fehler mit dieser Fraction multiplicirt werden. Wenn wir bloss das Tausendstel eines Stromes messen, so werden wir auch jeden etwaigen Fehler mit 1000 multipliciren.

Hierauf kann Folgendes geantwortet werden: Temperaturveränderungen können zuerst auf den Hauptleiter wenig Einfluss haben. Wie wir wissen, wird der Hauptstrom im Edison'schen Messer in sogenannte »Shunts« aus Neusilber eingeführt. Die Variation des Widerstandes in diesem Shunt beträgt für je 25° Centigrade oder 45° Fahrenheit bloss 1 Percent. Ein Shunt, welcher bei 60° Fahrenheit 0·01 Ohm Widerstand hat, wird bei — 2° Fahrenheit 0·00984 und bei 100° Fahrenheit 0·01009 Ohm Widerstand haben. Von dem Gefrierpunkte bis hinauf zu 120° Fahrenheit kann als Maximum eine Variation von 2% vorkommen.

Eine Ampère-Zunahme in der Zelle bewirkt eine Zunahme der elektro-motorischen Gegenkraft und demzufolge einen Verlust im Volts. Gleichzeitig nimmt der absolute Widerstand durch Erwärmung der Flüssigkeit ab und bewirkt eine Zunahme in den Volts. Beide Effecte gleichen sich also beinahe aus.

Nun haben wir die Temperatur-Compensation. Wenn wir den Widerstand der Zelle als solchen in Betracht nehmen, so wird die mit der Temperaturzunahme erfolgende Abnahme der elektromotorischen Gegenkraft und die hiedurch verursachte Voltzunahme sich zu der Voltzunahme addiren, welche durch die Abnahme des Widerstandes hervorgebracht wird. Diesen beiden Factoren steht die Einwirkung der Compensations-Spule gegenüber, deren Widerstand zunimmt und welche also den durch die Erwärmung des Elektrolyts hervorgebrachten Effect compensirt.

Was speciell den Vorwurf anbelangt, dass, da bloss ein Tausendstel Theil Stromes gemessen, auch alle Mess-

fehler mit 1000 multiplicirt werden, so ist das allerdings richtig. Nur ist der Procentsatz dieses Fehlers immer der gleiche. Wenn wir eine Irrung von 10% in dem Stromkreise haben, in welchem die betreffende Zelle eingeschaltet ist, so haben wir im gemessenen Strome auch nur einen Procentsatz von 10 als Fehler.

Die Hauptvortheile des elektro-chemischen Messers Edison's sind:

aussergewöhnlich billiger Preis;

Mangel jedes mechanischen Theiles als Zahnräder, Hebel, Feder, Zeiger;

wenig Stromverschwendung;

einfachste Construction.

Neuerer Zeit hat die Edison-Company beschlossen, die Grösse der Platten herabzumindern und die Control-Zelle in den kleineren Messern aufzuheben, so dass ein Edison-Messer Nr. 0, $^1/_2$, 1 und 2 für Zweileiter-System anstatt zwei bloss nur mehr eine Zelle, jene für Dreileiter-System anstatt vier bloss zwei Zellen haben. Auch wird die bisherige Form und Grösse der Zellen, ihr Verschluss und die specifische Dichtigkeit der Zinksulfatlösung geändert werden. (Siehe Nachtrag).

Lowrie geht von folgendem Principe aus:*) In einem Wechselstromkreis, von welchem die Lampen parallel abgezweigt werden, wird ein Accumulator und ein Voltameter eingeschaltet. Wir haben nun in dem Stromkreise einen Wechselstrom und einen Gleichstrom. Wenn in dem Stromkreis bloss passive Widerstände vorhanden sind, sind die zwei Ströme einander propor-

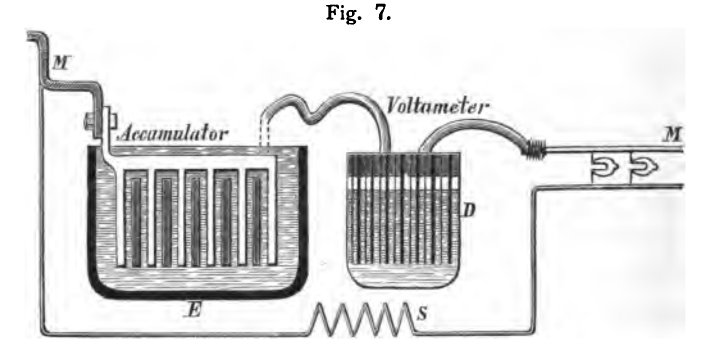
*) Lumière Électrique XXX, Nr. 43.

tinal und proportional zur Anzahl der eingeschalteten Lampen. Der Voltameter, welcher die dem Gleichstrom entsprechende Elektricitätsmenge misst, giebt in gleicher Zeit das Mass der ganzen verbrauchten Energie. Der Voltameter giebt nämlich:

$$\Sigma \frac{E}{r} t = E \Sigma \frac{t}{r}$$

wobei E die elektro-motorische Kraft des Accumulators

Fig. 7.



ist, vorausgesetzt, dass in diesem Falle die Wechselströme keine Einwirkung haben.

Die von den Wechselströmen entwickelte Energie ist gleich

$$\Sigma r i^2 t = \Sigma \frac{e^2}{r} t$$

Wenn die Potentialdifferenz im Leitungsnetz eine constante ist, ist Σe^2 eine Constante und folglich sind sich die beiden Quantitäten proportional.

Fig. 7 zeigt den Apparat. M ist der zu den Lampen gehende Leiter, E ist der Accumulator, D ist ein Voltameter mit Kupferplatten und einer Kupfervitriollösung. Der innere Widerstand der beiden Zellen ist gering.

Man habe z. B. einen Strom von 100 Volts und 10 Ampère als Maximum, der Widerstand ist 10 Ohm im Minimum. Der Accumulator wird daher in diesem Falle einen constanten Strom von 0·2 Ampère geben. Wenn die übermittelte Energie 1000 Watts ist, wird man einen Niederschlag von
$0{\cdot}2 \times 3600 \times 0{\cdot}000327 = 0{\cdot}235$ Gr. Kupfer per Stunde haben.

Derselbe Messer wird von Forbes folgendermassen beschrieben: Ein Accumulator wird in den secundären Stromkreis S eines Transformators mit einem Voltameter oder einer elektrolytischen Zelle auf Spannung geschaltet. Blos wenn die Lampen eingeschaltet werden, wird der Stromkreis geschlossen, und nur dann kann die elektrolytische Wirkung, resp. der Metallniederschlag von einer Zelle auf die andere stattfinden. Der Wechselstrom selbst übt keinerlei elektrolytische Wirkung aus; der ganze elektro-chemische Vorgang wird von dem Accumulator besorgt, als wenn gar kein Wechselstrom vorhanden wäre. Welche Stromquantität wird durch die elektrolytische Zelle gemessen werden? Die Quantität des Stromes, welche den Stromkreis durchfliesst, hängt ab vom Widerstande der Lampen und ist proportional zur Anzahl der Lampen, welche sich im Stromkreise befinden. Es wird daher die Gesammtanzahl der Lampenstunden durch den Metallniederschlag in der elektrolytischen Zelle gemessen werden. . . . . Ueber die Dauerhaftigkeit der elektrolytischen Zelle, über die Auswechslung und Ladung der Accumulatoren hat Prof. Forbes keine Daten. Es ist zu verwundern, dass dieser Messer überhaupt in die

Praxis übergegangen ist, da die Annahme, dass ein Wechselstrom auf den Voltameter gar keine Einwirkung hat, eine unrichtige ist, und wird immer Gasentwicklung und Metallniederschlag stattfinden, wenn der Wechselstrom mehrere Tausend Alternationen per Minute macht.*) Der Messer ist in Eeastbourne und in West Brompton im Gebrauch.

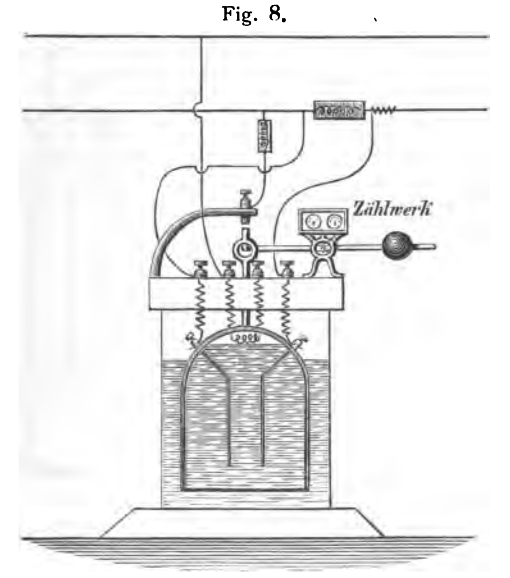
IV.

Edison, der überhaupt in Allem, was Verbrauchsmesser anlangt, bahnbrechend gewirkt hat, liess sich schon im Jahre 1880 einen Messer patentiren (Fig. 8), bei welchem durch zwei Elektroden Wasser zersetzt wird. Die hiebei entstehenden gemischten Gase werden in einer schwimmenden Glocke aufgefangen. Diese Glocke erhebt sich langsam und giebt bei einer gewissen Strom-

*) Man hat lange angenommen, dass ein Wechselstrom, welcher durch einen Voltameter geht, keine Gasentwicklung hervorruft, weil sich der an beiden Polen successive entwickelnde Wasserstoff und Sauerstoff sofort wieder mit einander verbinden. Es geht aber aus den Versuchen Maneuvrier's und Chappuis', ebenso wie aus den Beobachtungen von Ayrton und Perry hervor, dass, wenn die Dichtigkeit des Stromes per Oberflächeneinheit der Elektroden einen gewissen Werth annimmt, eine Gasentwicklung an jeder derselben stattfinde. Dieses Gas ist ein Gemisch von Sauerstoff und Wasserstoff, welche sich nicht verbunden haben, dessen Quantität von der Dichtigkeit des Stromes und von der Anzahl der Alternationen per Secunde abhängt. Kennelly hat gefunden, dass unter gewissen Bedingungen die von einem Wechselstrom entwickelte Gasquantität gleich ist jener, welche von einem Gleichstrom gleicher Intensität entwickelt, wird und er hat einen Voltameter construirt, welcher beide Stromgattungen misst. (Siehe Lumière Électrique XXX, Nr. 44.)

einheit das Gasgemisch frei. Durch das Erheben der Glocke wird zugleich der Strom in einer Platinspirale geschlossen; diese letztere erglüht, bringt das Gasgemisch zur Explosion; dasselbe vermischt sich wieder mit dem Wasser und ein Zählwerk registrirt die Anzahl der Explosionen ein. Unter den vielen Schwierigkeiten, welche

Fig. 8.



der praktischen Verwendung dieses Messers entgegenstehen, wollen wir blos anführen: die hohe elektromotorische Kraft, welche zur Wasserzersetzung nothwendig ist, die verwendete Energie und die wahrscheinliche Nothwendigkeit, »den Apparat fast nach jeder Explosion wieder erneuern zu müssen.«

Marcel Deprez hat folgenden Coulombmesser angegeben: Der Apparat besteht aus einem U-förmig ge-

bogenen Glasrohr, dessen Enden kugelförmig erweitert und geschlossen sind; der eine Schenkel ist ganz und der andere zum Theil mit angesäuertem Wasser gefüllt. Ersterer enthält vier Elektroden, deren zwei zur Wasserzersetzung dienen; wird dieselbe durch einen Strom

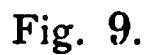
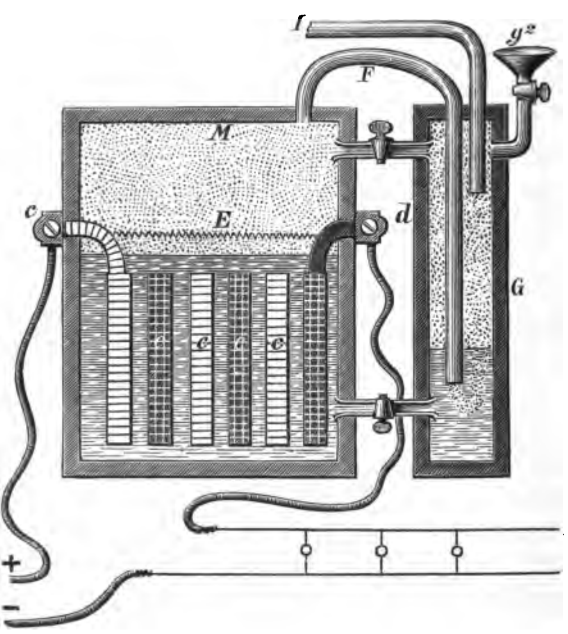


Fig. 9.



eingeleitet, so steigt das Gas in den oberen Theil und verdrängt hier die Flüssigkeit, was nun ein Steigen derselben in dem anderen Schenkel bis zu einer bestimmten Marke bewirkt. Hiedurch ist das Mass der durchgegangenen Elektricitätsmenge gegeben. Die beiden anderen der vier oben genannten Elektroden dienen dazu, um

vermittelst eines Funkens das Gas wieder zu Wasser zu vereinigen.*)

Der Messer Walter F. Smith's kann eine Combination eines elektrolytischen mit einem Gasmesser genannt werden. Der Hauptstrom ist (Fig. 9) mit den Klemmen *c* und *d* verbunden, welche zu den Elektroden *ccc* führen. Diese Elektroden sind aus vernickeltem Eisen hergestellt und tauchen in eine Lösung von caustischer Potasse. Ueber den Elektroden befindet sich ein Drahtgewebe *E*, welches die durch die Passage des Stromes entwickelten Gasbläschen zurückhalten soll.

Das entwickelte Gas geht durch das Rohr *F* in den Behälter *G*, welcher als eine Art von Condensator angesehen werden kann, in welchem sich alle aus *M* kommende Feuchtigkeit ansammelt. Das aus *F* ausströmende Gas erhebt sich in dem Behälter *G* und ist gezwungen in das Rohr *I* einzutreten, welches zum Registrirapparat führt. Dieser letztere ist jener eines gewöhnlichen Gasmessers und soll die Quantität des entwickelten Gases proportional zur Stromintensität sein.

Kolle hat die Bemerkung gemacht, dass manche Elektroden in gewissen Elektrolyten bei Hindurchleitung von Wechselstrom an Gewicht verlieren. Da dieser Verlust der Stromstärke proportional sein soll, so basirt er hierauf einen voltametrischen Verbrauchsmesser.**)

Trouvé's Verbrauchsmesser wird uns vom Verfasser folgendermassen beschrieben: Der Messer basirt auf der Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom. Der frei werdende Wasserstoff und Sauerstoff

*) S. Fortschritte der Electrotechnik, 1888, Seite 359.

**) S. Fortschritte der Elektrotechnik, 1888, Seite 695.

wirken mechanisch auf eine Turbine oder auf ein Wasserrad, welche sich in leicht angesäuertem Wasser befinden.

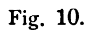
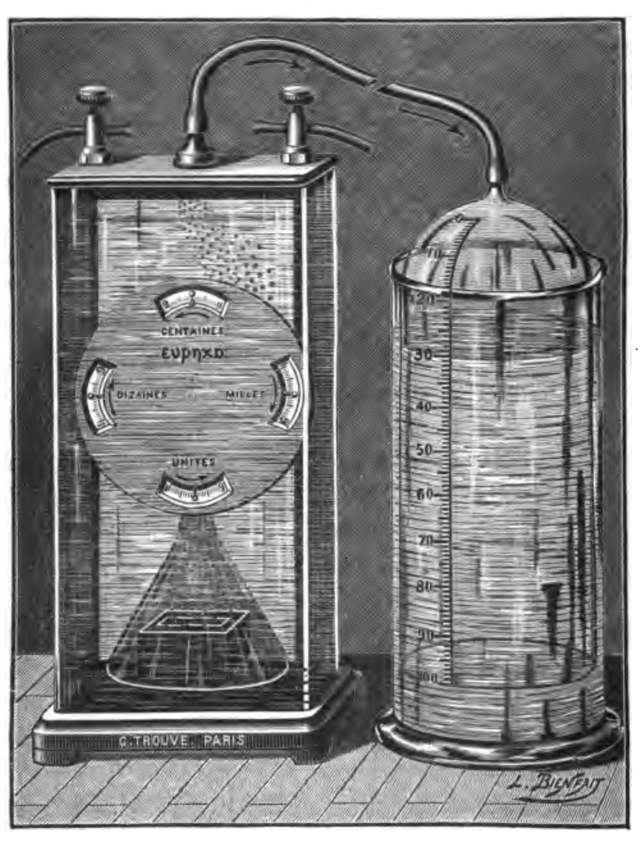


Fig. 10.



Die sich drehende Turbine bethätigt ein Zählwerk, welches den Verbrauch einregistrirt. Alle Theile des Apparates sind unoxydirbar und werden von den Säuren

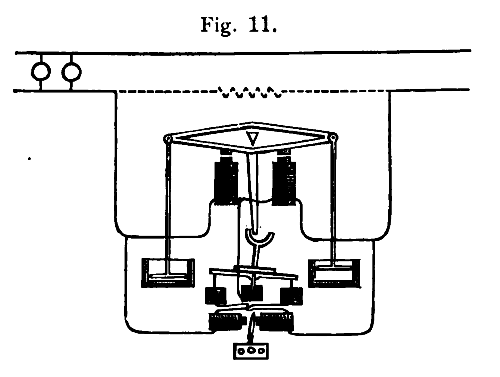
nicht angegriffen. Die Zersetzung des Wassers findet mittelst grosser Elektroden aus Platin statt. Ein Glastrichter nimmt die sich entwickelnden Gase auf und führt sie unter die Turbine. Die Gase können entweder gemischt oder getrennt aufgefangen werden. In letzterem Falle könnte man sich des Sauerstoffs zur Reinigung der Luft, des Wasserstoffs aber zur Erwärmung bedienen. Siehe Fig. 10.

Ein ähnlicher Apparat wird von **Emmot** und **Ackroyd** vorgeschlagen.

V.

Edison's Messer war auch in dieser Kategorie einer der ersten und hatte der Erfinder darauf verzichtet, die diesbezüglichen Ideen weiter zu verfolgen, obwohl dieselben gerade in Deutschland ausgedehnte praktische Anwendung gefunden haben.

Fig. 11.



Ein im J. 1882 gegebenes Edison'sches Patent zeigt (Fig. 11) einen Hebel, welcher durch Elektromagnete in Schwingung versetzt wird. Die Rapidität der Bewegung, welche durch Luftkissen von grosser Oberfläche regulirt wird, ist proportional zur Intensität des Stromes. Die Elektromagnete liegen entweder im Hauptstromkreis

oder im Shunt. Der Zählapparat ist durch einen localen Nebenstromkreis mit Elektromagneten und Quecksilbercontacten in Bewegung erhalten.

Die Aron'schen Verbrauchsmesser basiren auf den Eigenschaften des Pendels und auf den elektromagnetischen Einwirkungen eines Stromes auf die Schwingungsdauer des Pendels. Es ist bekannt, dass die Dauer der Schwingungen eines Pendels isochron ist (vorausgesetzt, dass sie von geringer Weite sind) und dass sie für ein gegebenes Pendel von dem Trägheitsmoment, von der auf das Pendel wirkenden verticalen Kraft und von seiner Länge abhängen.

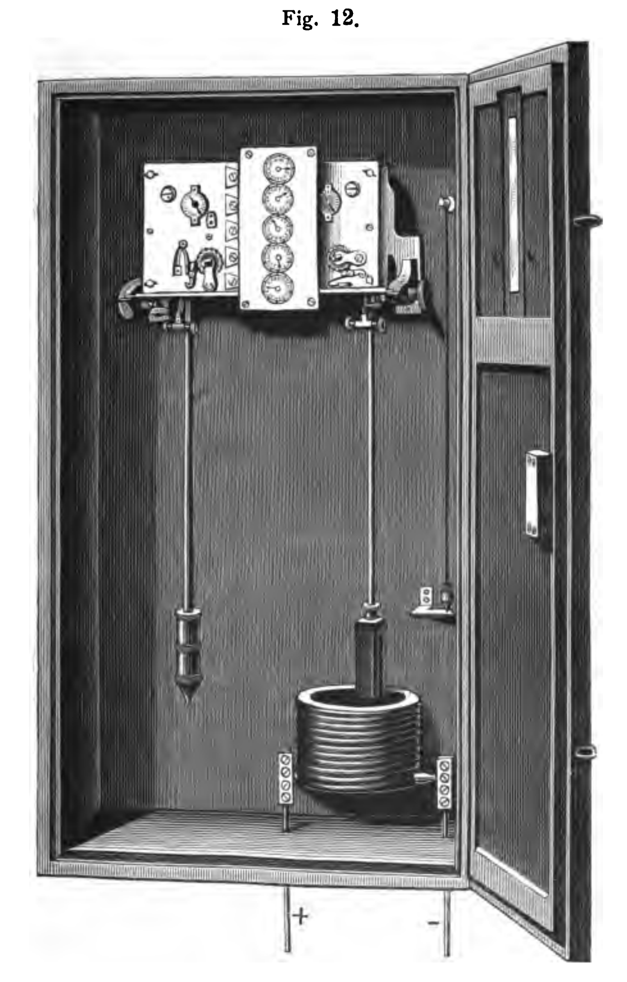
Nun variirt die Schwingungsdauer in umgekehrtem Verhältnisse zum Quadrat der auf das Pendel wirkenden verticalen Kraft, und wird eben deshalb ein in den mittleren Breitegraden, d. h. in unseren Regionen genau regulirtes Pendel sich verspäten, wenn es z. B. am Aequator oder auf der Spitze eines hohen Berges aufgestellt wird. In diesem Falle ist die verticale Kraft, welche durch die Schwere hervorgebracht wird (Kraft, welche das Product aus der Masse des Pendels und aus der Beschleunigung durch die Schwere ist), weniger gross als in unseren Regionen.*)

Construiren wir nun ein Pendel und lassen es in einen Magneten endigen, welcher über einer Spule

*) Die Kraft, welche von der Schwere auf die Masse eines Grammes ausgeübt wird, ist 983 Dynes an den Erdpolen, 981 in unseren Regionen und blos 978 Dynes am Aequator, d. h. eine Variation von ungefähr einem halben Percent auf der Erdoberfläche. Das Gramm, welches als Krafteinheit angenommen wird, ist daher in Folge dieser keineswegs geringen Variation eine ungenaue Einheit. Siehe E. Hospitalier, La Nature, Seite 58, 1888.

schwingt. Wenn kein Strom durch die Spule geht, wird

Fig. 12.



das Pendel in einem gegebenen Orte mit einer con-

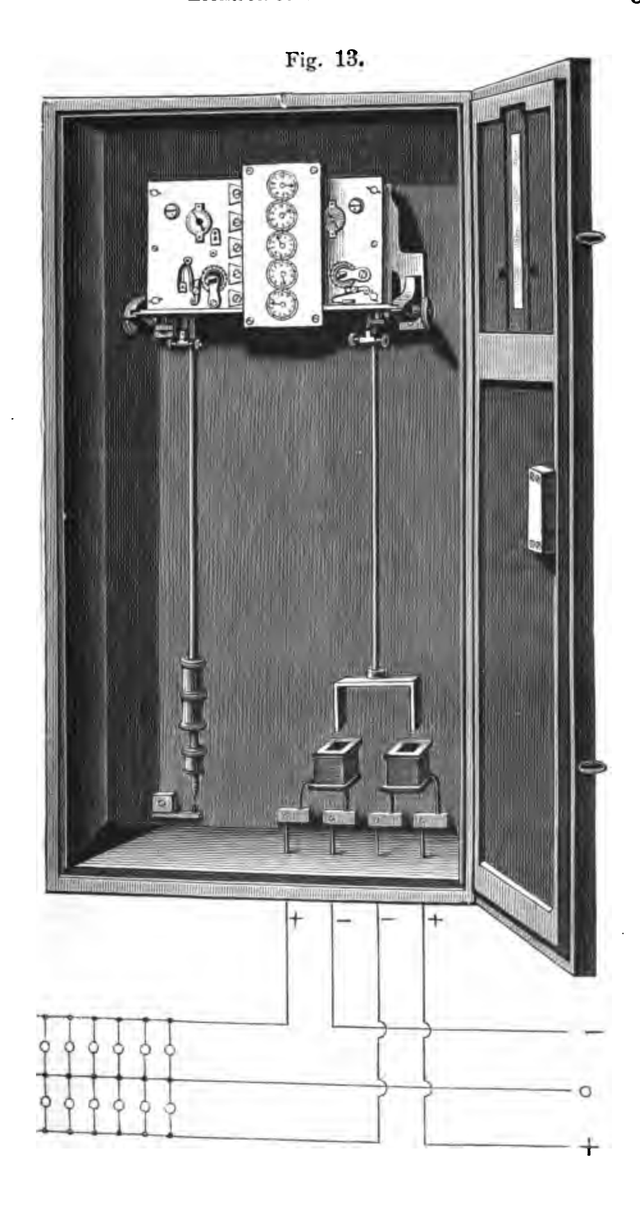
stanten Schwingungsdauer arbeiten. Wird aber die Spule von einem Strom durchflossen, so wird dieselbe den am Pendel angebrachten Magneten anziehen oder abstossen, und zwar mit einer Kraft, welche sich zur Schwerkraft hinzuaddirt, um die Schwingungsgeschwindigkeit des Pendels entweder zu beschleunigen oder zu verzögern.

Der neueste »Elektricitätszähler« Dr. H. Aron's (Fig. 12) besteht im Wesentlichen aus zwei Pendeln; dieselben sind auf gleiche Schwingungsdauer abgeglichen. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches, das rechte trägt am unteren Ende als schweren Körper einen Stahlmagneten. Die Pendel werden durch je ein Uhrwerk, das durch Federkraft getrieben wird, im Gang erhalten und wirken auf ein gemeinschaftliches Zählwerk, welches die Differenz ihrer Schwingungen zählt.

So lange kein Strom die im Apparat unter dem magnetischen Felde angebrachte Rolle durchfliesst, schwingen beide Pendel gleich. Wenn jedoch der Strom wirkt, wird das magnetische Pendel in seiner Schwingungsdauer beeinflusst, und zwar so, dass es desto schneller schwingt, je mehr Strom den Apparat durchfliesst. Das Zählwerk registrirt die Voreilung des magnetischen Feldes und is so eingerichtet, dass das oberste Zifferblatt die Einer, das zweite die Zehner, das dritte die Hunderte u. s. w. angiebt. Ein Factor, der durch Aichung bestimmt ist, giebt durch Multiplication die gelieferte Elektricitätsmenge.

Das Uhrwerk zum Betrieb der Pendel geht circa 40 Tage, braucht also bei genügender Reserve nur monatlich aufgezogen zu werden. Die Uhrwerke sind so zu reguliren, dass die etwaigen Abweichungen bei strom-

Fig. 13.



losem Gang für die Richtigkeit der Angaben ohne Belang sind.

Aron's Coulombzähler für Dreileiterkabel (Fig. 13) besteht ebenfalls aus zwei Pendeln von gleicher Schwingungsdauer. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches mit Messinggewichten am unteren Ende; das rechte trägt zwei Stahlmagnete, die an einem Querstück aus Messing befestigt sind. Die Pendel werden durch Uhrwerke, die in gemeinschaftliche Platinen eingebaut sind, im Gang erhalten und wirken auf ein gemeinschaftliches Zählwerk, das die Differenz ihrer Schwingungen einregistrirt.

Unter den beiden Magneten des rechtsseitigen Pendels sind zwei Rollen mit starkem Draht angeordnet; diese Rollen werden in die beiden Arbeitsleiter eingeführt, während der neutrale Leiter frei ausgeht. So lange nun kein Strom die unter dem rechten Pendel angebrachten Rollen durchfliesst, schwingen beide Pendel gleich und das Zeigerwerk steht stille. Wenn jedoch in einer der Rollen, oder in beiden zugleich, Strom auftritt, so wird das magnetische Pendel in seiner Schwingungsdauer beeinflusst, und zwar so, dass es desto schneller schwingt, je mehr Strom den Apparat durchfliesst.

*Aron's »Voltcoulombzähler**) für Gleichstrom*

*) »Voltcoulomb« oder »Joule« ist die praktische Einheit der Arbeit. Es ist die Arbeit, hervorgebracht durch 1 Coulomb, bei einer Potentialdifferenz von 1 Volt.

Joule $= 10$ meg-Erg $= \frac{QF}{g}$ Kgr.-Meter. Q ist die Quantität der Elektricität ausgedrückt in Coulombs, E die Potentialdifferenz in Volts und g die Zahl 981.

und Wechselstrom« (Fig. 14) besteht, so wie die vor-

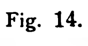


Fig. 14.



hergehenden, aus zwei Pendeln von gleicher Schwin-

gungsdauer. Das linke Pendel ist ein gewöhnliches mit einem Messinggewicht am unteren Ende; das rechte trägt ein gabelförmiges Messingstück, in dem eine Rolle mit feinem Draht befestigt ist. Diese Rolle mit dünnem Draht wird von einer zweiten Rolle umgeben, innerhalb welcher sie unbehindert schwingen kann. Die innere Rolle liegt in einem Nebenschluss zur Stromleitung und misst die jeweilig herrschende Spannung. Die äussere Rolle ist mit starkem Draht umwickelt und wird vom Hauptstrom durchflossen. Die gegenseitige Einwirkung der beiden Rollen bewirkt eine Veränderung in der Schwingungsdauer des Messpendels, welche dem Product der jeweilig herrschenden Spannung und Stromstärke proportional ist.

Betreffs der Aron'schen Messer bemerkt »Electrician«: Der Aron'sche Messer ist eine blosse Modification des Ayrton und Perry'schen, und diesen letzteren ging der chronographische Galvanometer von Watkins voraus. Prof. Ayrton behauptet überdies von seinem Messer, Aron habe die Priorität desselben anerkannt.

Gisbert Kapp hat über den Werth der Aron'schen Messer der General Electric Company in London einen Bericht erstattet, in welchem er bei seinen Versuchen einen verschiedenen Coëfficienten für stärkere und schwächere Ampère-Belastung fand. Wie wir wissen, ist die Differenz der Schwingungen der beiden Pendel nahezu proportional zur Energiemenge, welche zu einer gegebenen Zeit den Messer durchgegangen hat. Um diese Energie zu finden, müssen die durch das Zählwerk angegebenen Ziffern durch einen Coëfficienten multiplicirt werden, welcher durch Experimente für jeden Messer besonders bestimmt werden muss, und welcher eine Constante für alle In-

tensitäten und Spannungen, welche den Messer durchgehen, sein soll.

In seinen Versuchen hat nun Kapp mit einem Messer zu thun gehabt, welcher bei 100 Volts einen Coëfficienten von 1·07 hatte. Kapp fand diesen Coëfficienten zwischen 15 und 25 Ampères beinahe exact, für schwächere Stromintensität aber war der Coëfficient unexact und der Fehler nahm an Zahl zu, je geringer die Stromintensität wurde. Für eine einzige Glühlampe war der Coëfficient nur mehr 0·97. Kapp fand, dass dieser Umstand darauf zurückzuführen war, dass der Messer nicht genügend genau regulirt war.

Wenn ein solcher Messer genau reguliren soll, ist es nothwendig, dass das Gewichtspendel genau die gleiche Schwingungsdauer habe wie das magnetische Pendel, so lange kein Strom durch den Messer geht. In dem bezogenen Messer hatte das Gewichtspendel eine längere Periode, und folglich registrirte das Zählwerk selbst dann, wenn kein Strom durchgeht. Kapp hält dies für keinen organischen Fehler, weil ja das Gewichtspendel leicht durch Höher- oder Niederstellung des Gewichtes genau einregulirt werden kann.

Hierauf wird von anderer Seite entgegnet, dass das Gewichtspendel leicht stehen bleiben kann, was jedenfalls ein gewichtiger Fehler des Systems ist, welchen es übrigens mit allen Uhrwerken theilt. Es ist bekannt, dass selbst das genauest regulirte Uhrwerk, sobald es die Fabrik verlassen hat, am Aufstellungsorte noch einmal nachregulirt werden muss. Um eine nur geringe Differenz der Schwingungsdauer der beiden Pendel herauszufinden, gehört eine ziemlich geraume Zeit, und der Installateur

muss daher mehrere Tage mit der Regulirung verbringen. Auch ist man nicht sicher, dass, wenn an den Pendeln etwas geändert wird, der von der Fabrik angegebene Coëfficient auch derselbe geblieben ist.*)

Mit D. R.-P. Nr. 45217 hat Aron folgende Neuerung angegeben: Um zu erreichen, dass die Pendel, bezw. die Unruhen beider Uhren völlig übereinstimmend schwingen, so lange kein Strom verbraucht wird, dagegen unabhängig von einander schwingen, sobald der Strom den Apparat durchfliesst, werden die beiden Pendel durch eine sehr leicht nachgiebige Verbindung in Zusammenhang gebracht. Am Besten erweist sich hiefür ein Faden, dessen Spannung durch ein an seiner tiefsten Stelle angehängtes kleines Gewicht bewirkt wird, oder auch ein leichtes Kettchen, das sich durch sein eigenes Gewicht spannt.

Der Messer **Rotten's****) (Fig. 15 und 16) (Berlin) besteht aus einem Zählwerk, welches die pendelnden Bewegungen des Eisenkernes eines Solenoïds einregistrirt. Das Solenoïd ist gebildet aus zwei Wickelungen, deren

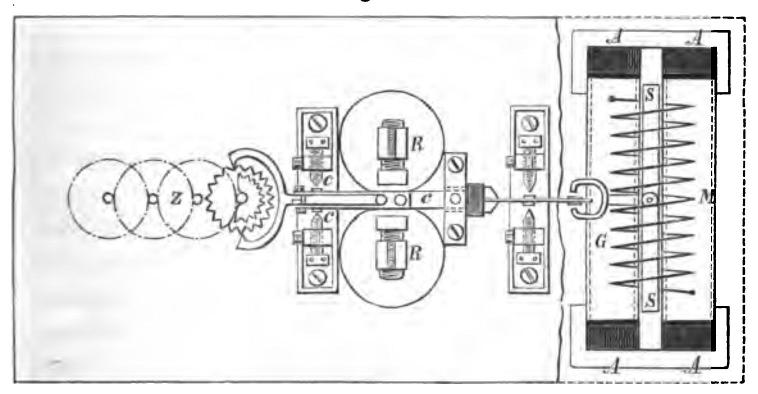
---

*) Prof. H. Aron sagt uns, er habe noch nie die Nachricht erhalten, dass seine Verbrauchsmesser mittelst eines Magnets oder eines Eisenstückes mit Erfolg alterirt worden wären. Es sei nicht so leicht, auf diese Weise die Schwingungsdauer des magnetischen Pendels zu verkürzen oder zu verlängern, und sei dies bei den Voltcoulombzählern überhaupt unmöglich. Wenn der Apparat genau nach den Instructionen des Erfinders aufgestellt werde, könne ein Stehenbleiben eines oder aller zwei Pendel in Folge getroffener Verbesserungen nicht mehr vorkommen. Natürlich zeigen die Verbrauchsmesser Aron's eine kleine Differenz, doch habe dieselbe in der Praxis auf das Endresultat keinen entscheidenden Einfluss.

**) Elektrotechnische Zeitschrift 1890, Heft 11.

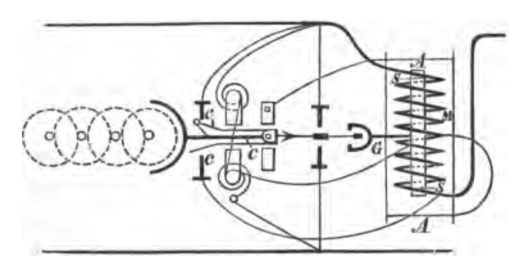
Achsen nicht parallel sind, so dass die eine Wickelung *M* magnetisirend, die andere *A* abstossend auf den Eisenkern *S* wirkt, der sich im Innern der Spule befindet.

Fig. 15.



Ein Commutator wechselt fortwährend die Richtung des eine der beiden Wickelungen umkreisenden Stromes,

Fig. 16.



wodurch eben die pendelnde Bewegung des Eisenkernes eine continuirliche wird. Um die Stromrichtung in der magnetisirenden Wickelung constant zu erhalten, ist diese in den Hauptstrom oder einen Zweig desselben einge-

schaltet, während die ablenkende Wickelung *A* zwischen der Mitte der magnetisirenden Wickelung *M* und dem beweglichen Hebel *G* eines Contactwerkes eingeschaltet ist, dessen beide Anschläge *cc* mit den beiden Enden der magnetisirenden Wickelung *M* verbunden sind. Um das Zählwerk in Bewegung zu versetzen, ist hinter oder parallel zu der ablenkenden Wickelung ein polarisirtes Relais *R* eingeschaltet, dessen Contactzunge *C* mechanisch mit der Schaltgabel des Zählwerkes verbunden ist.

Eine andere Beschreibung dieses Messers*) besagt Folgendes: Das Princip dieses Apparates besteht darin, einen weichen Eisenstab *S* der Einwirkung von zwei Wickelungen auszusetzen: eine magnetisirende Wickelung *M* und eine dirigirende Wickelung *A*, welche perpendiculär zur ersten ist. Beide Wickelungen sind von einem Theile des zu messenden Stromes durchflossen. Wenn man zeitweise den Durchgang des Stromes in einer der beiden Wickelungen unterbricht, wird der Stab *S* unter der Einwirkung einer Kraft zu schwingen anfangen, welche Kraft proportional zum Producte des Magnetismus des Stabes und der Intensität des Stromes in *A* ist; oder wenn der Magnetismus des Stabes proportional ist zur Intensität in *M*, unter der Wirkung einer Kraft proportional zur Intensität des zu messenden Stromes. Nachdem andererseits die Geschwindigkeit der Schwingungen proportional ist zur Quadratwurzel der dieselben veranlassenden Kraft, genügt es, durch ein Zählwerk die Anzahl der Schwingungen des Stabes *S* während einer gegebenen Zeit einzuregistriren, um aus denselben die

*) Lumière Électrique XXXVII, Nr. 29. G. Richard.

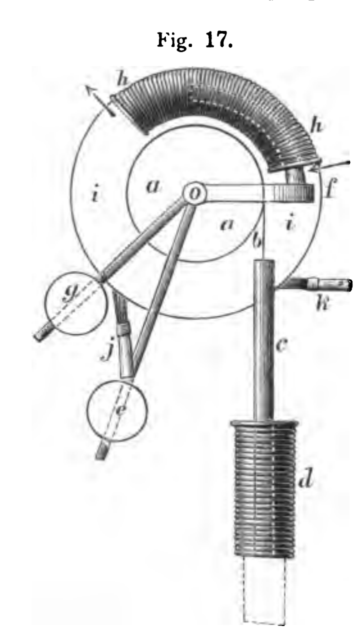
mittlere Intensität des Stromes während dieser Zeit ableiten zu können. Dieser Apparat kann auch für Wechselströme verwendet werden, weil der Stab S ebenfalls unter der Einwirkung von Wechselströmen zu schwingen anfängt, und zwar immer in derselben Richtung, so lange die Ströme in den Wickelungen A und M simultan ihre Richtung wechseln. Wenn der Hebel des Relais die Verbindungen derart wechselt, dass die Richtung der Ströme in A periodisch im Verhältniss zu M permutirt wird, wird der Stab S wie bei Gleichströmen zu schwingen anfangen.

Singer in Berlin beschreibt seinen Messer folgendermaassen: Ein Uhrwerk, dessen einzelne Räder durch geeignete Wahl des Uebersetzungsverhältnisses direct als Zählräder dienen können, bewegt einen Körper (Ring oder Scheibe) aus Eisen oder Kupfer zwischen den Polen eines Elektromagneten, der durch seinen Magnetismus eine hemmende Wirkung auf die Umdrehungsgeschwindigkeit des Körpers und mithin des Uhrwerkes ausübt. Dieser Elektromagnet trägt zwei Wickelungen, von denen die eine, von einem constanten Strom durchflossene, die Hemmung hervorruft, während die andere vom Verbrauchsstrom durchflossen wird und so gewickelt ist, dass sie den von der erstgenannten Wickelung erzeugten Magnetismus aufzuheben bestrebt ist. Je nach der Stärke des Verbrauchsstromes wird daher die magnetische Hemmung mehr oder weniger aufgehoben und also das Zählwerk schneller oder langsamer laufen.

Im Verbrauchsmesser **Hookham's** (Fig. 17) kreist der Strom fortwährend durch das mit dickem Draht bewickelte Solenoïd d, und geht in Abwechslungen (jede

Minute z. B.) durch das mit dünnem Draht bewickelte Solenoïd *h*. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, zieht das Solenoïd *d* seinen Kern *c* an und versetzt das Rad *a* trotz der Gegenwirkung seines Pendels *e* in eine der Stromintensität proportionale Drehung.

Fig. 17.

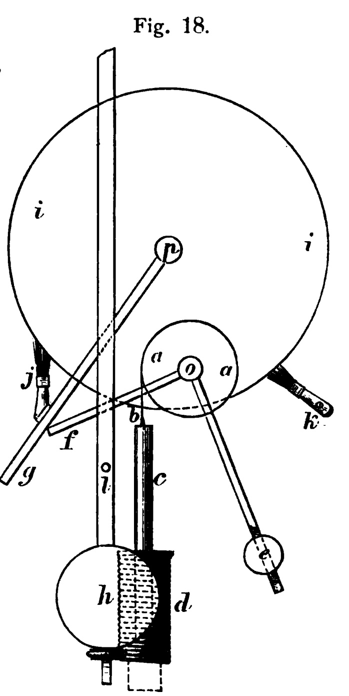


Das Pendel *e*, auf die Bürste *j* aufdrückend, überträgt diese Bewegung oder Drehung auf das Rad des Zählers *i*, welches ebenso wie das Rad *a* lose auf der Achse *o* sitzt. Mit dem Rade *i* dreht sich auch der Kern *f* des Solenoïds *h*, welch' letzteres bis zu diesem Augenblick stromlos geblieben war. In bestimmten Zeiträumen (sagen wir in je einer Minute) tritt durch einen Commutator eine Abzweigung des zu messenden Stromes in das Solenoïd *h*. Die magnetische Wirkung des Stromes auf den Kern *f* überwindet die magnetische Wirkung des Solenoïds *d* auf *c* und führt das Pendel *e* auf Null zurück. Der Zweigstrom wird hierauf unterbrochen. Die Bürste *k* verhindert das Rad *i* von links nach rechts zurückzugehen, wenn das Pendel *e* in sein natürliches Gleichgewicht zurückgekehrt ist. Die Schwingungen von *e* sind proportional zur mittleren Intensität des zu messenden Stromes und die Drehung

von *i* ist proportional zum Producte dieser Intensität multiplicirt mit der Zeit. Damit die Schwingungsdauer des Pendels proportional zur Stromintensität sei, müssen der Kern *f* und das Solenoïd *d* zwei- oder dreifach so lang sein, wie der Durchmesser des Rades *a*.

Für Wechselströme werden, um die Selfinduction zu vermeiden, die Kerne *c* und *f* der Solenoïde aus dünnen Eisendrähten hergestellt.

Fig. 18.



Eine andere, auf demselben Princip beruhende Disposition Hookham's ist folgende:*) Der Arm des Zählwerkes (Fig. 18) ist mit einem Pendel *h* versehen. Dieses Pendel trägt eine Nase *l*, welche den Arm *g* blos streift so lang der Strom in dem Solenoïd *d* nicht kreist. Sowie der Stromkreis geschlossen wird, bringt *l* in seiner nunmehr der Stromintensität proportional gewordenen Schwingung die Arme *g* und *f*, welche auf einander ruhen, aus ihrer Ruhe, so zwar, dass *l* auf seinem Rückweg durch Arm *g* und durch die Bürste *j* das Rad *i* in Drehung versetzt. Der Drehungswinkel ist proportional zur Intensität des zu messenden Stromes, ebenso

*) Lumière Electrique XXXV, Nr. 17.

wie die Schwingung des Hebels proportional zu derselben Intensität war. Mit einem Worte, das Pendel *h* ersetzt das intermittirende feindrähtige Solenoïd des vorhin beschriebenen Apparates.

Dem Hookham'schen Messer wurde nachgesagt, derselbe sei einem Messer von Siemens nachgebildet. George Hookham erklärt nun,*) dass Dr. Werner Siemens einen auf selbem Princip beruhenden Messer im März 1887, einige Tage nach ihm patentirt habe. Es sei dieser letztere kein praktisches Instrument gewesen und habe Siemens irrthümlich behauptet, dass Veränderungen in der Stärke des Feldes theoretisch die Geschwindigkeit nicht verändern, während doch die Geschwindigkeit im umgekehrten Verhältniss zum Feld variirt.

Der **Oulton-Edmondson'**sche Messer (Fig. 19) besteht aus einem Uhrwerk, welches zwei unabhängige Torsions-Pendel besitzt, deren Schwingungsdauer die gleiche ist, solange kein Strom durch den Messer geht. Auf einem Pendel befinden sich zwei oder mehrere permanente Magnete auf astatischem Wege angebracht, ober, unter oder zwischen welchen sich ein Leiter befindet, welcher von dem zu messenden Strome durchkreist wird. Bevor sich das Uhrwerk in Gang setzt und wenn die Klinken am Nullpunkt sind, befinden sich die Magnete im rechten Winkel zum Leiter. Wenn das Uhrwerk im Gang ist und der Strom den Leiter durchkreist, übt der letztere entweder eine hindernde oder aber eine beschleunigende Wirkung auf das Magnetpendel aus und zwar je nach der jeweiligen Richtung des Stromes.

Der Unterschied zwischen der Geschwindigkeit des

*) Electrician February 8, 1889.

Magnetpendels und des anderen Pendels wird durch ein Zählwerk einregistrirt. Die Pendel machen ungefähr fünfzehn Schwingungen in der Minute. Als Vorzug dieses Messers wird die Anwendung von Torsions-Pendeln an-

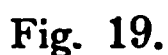
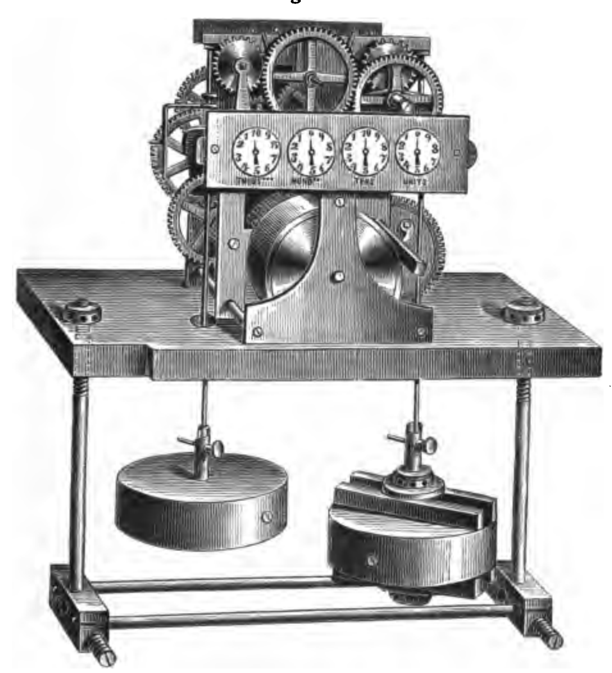


Fig. 19.

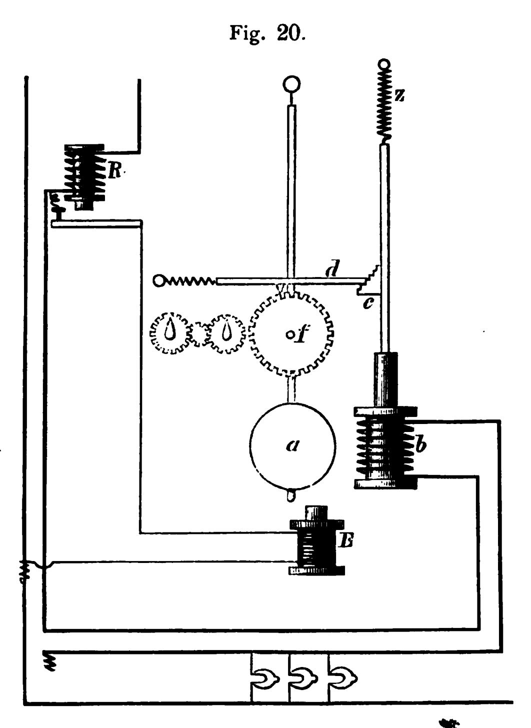


gegeben, wodurch das Uhrwerk sehr langsamen Gang erhält und nicht so oft aufgezogen zu werden braucht. Die astatische Anbringung der Magnete soll deren Magnetismus vor Variationen bewahren und ihn für äussere Einflüsse weniger empfindlich machen.*)

*) Electrician, XXIV, Nr. 603.

Der Messer der Brush-Co. (Fig. 20) besteht aus einem Pendel *a*, das von einem Elektromagneten *E* bethätigt wird. Das Pendel trägt einen horizontalen Querbalken *d*, welcher links an eine Spiralfeder befestigt ist.

Fig. 20.



Der Hauptstrom geht zuerst in ein Relais *R*, von diesem zu einem Solenoïd *b* und von letzterem zu den Lampen. Der Kern des Solenoides ist auf einer Spiralfeder *z* aufgehangen. Auf der Führungsstange des Kernes befindet sich ein stufenförmig ausgezackter Kamm *c*, dessen Stufen den Variationen der Stromintensität entsprechen.

Das Pendel wird in Bewegung gesetzt durch den Elektromagneten *E*, welcher im Nebenschluss zur Hauptleitung liegt und dessen Strom zeitweilig durch das Relais unterbrochen wird. Der Arm *d* des Pendels trägt einen Klinker, welcher das Zählwerk bethätigt. Die Schwingungen des Pendels werden durch den Kamm *c* behindert, gegen welchen der Pendelarm *d* anschlägt. Je tiefer der Eisenkern in das Solenoïd *b* hineingezogen wird, desto tiefer sinkt auch der Kamm *c* und desto grösser wird auch die Ausschlagsweite des Pendels.

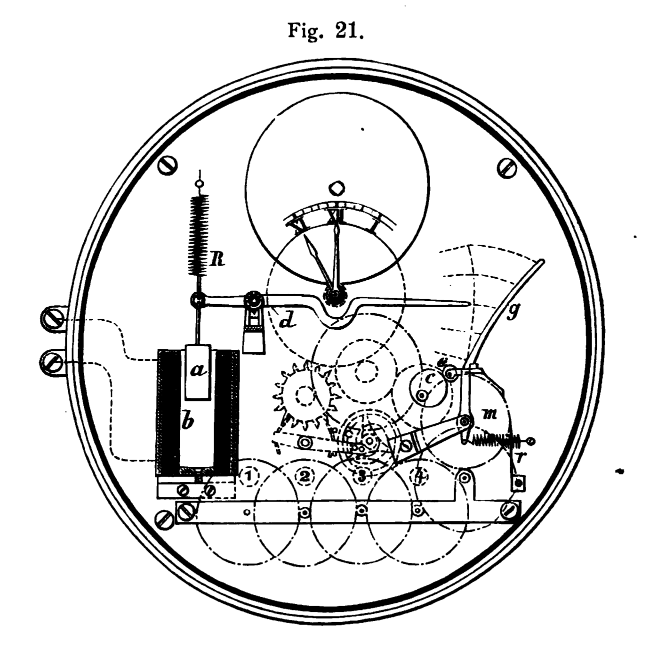
Siemens & Halske haben sich mit D. R.-P. Nr. 50.623 einen Apparat »zum Messen und Summiren der in Gleich- und Wechselströmen einen Leiter durchströmenden Energie« patentiren lassen.*) Dieser Apparat gehört zu denjenigen Energiemessern, bei denen die Drehungswinkel eines passend gestalteten Hebels summirt werden, der in bestimmten Zwischenräumen (bis zur Berührung mit einem in seiner Stellung durch die jeweilig vorhandene elektrische Energie bestimmten Zeiger) gedreht wird. Ein Hebel, welcher durch ein Uhrwerk in regelmässigen Zeitabschnitten bis zu seiner Berührung mit der Spitze eines unter der Wirkung eines Solenoïdes und einer Feder stehenden Zeigers gedreht wird und durch eine Klinke und ein Sperrrad seine Bewegung auf ein Zählwerk überträgt, wird durch eine excentrische Scheibe, mit der er mittelst eines Röllchens in Berührung steht, vom Zeiger entfernt und beim Rückgang des Excenters durch eine Feder ohne Stoss gegen die Spitze dieses Zeigers geführt.

---

*) Elektrotechnische Zeitschrift, 1890, Heft 17. 1889, Heft 24.

An Stelle dieser Einrichtung kann zur Bewegung des oscillirenden Hebels auch ein Elektromagnet oder Solenoïd angewendet werden, dessen Windungen im Nebenschluss zur Leitung liegen, und durch dessen, einen Zahnradsector bewegenden Ankerhebel gleichzeitig das

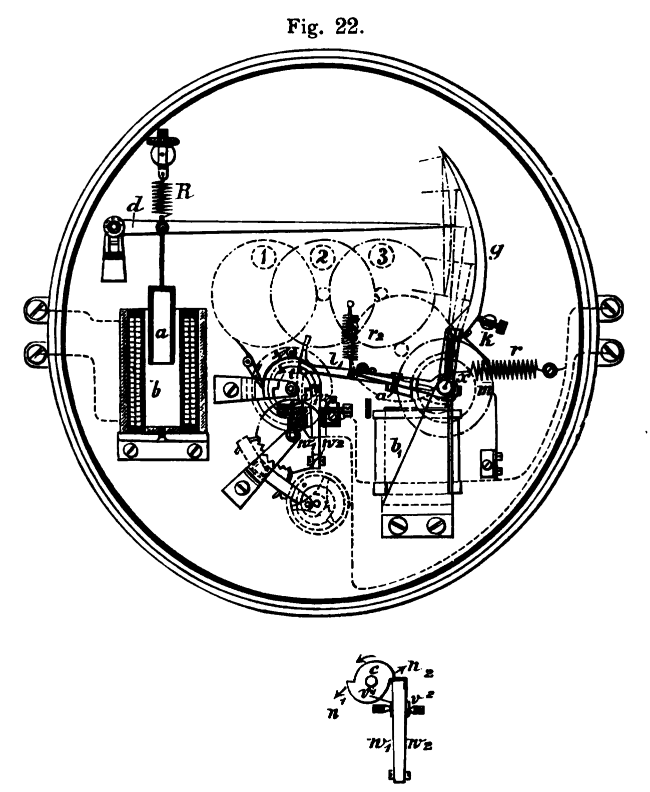
Fig. 21.



Aufziehen des Uhrwerkes bewirkt wird, welches den periodischen Contact zur Ein- und Ausschaltung des Elektromagneten herstellt. Diese Contactherstellung erfolgt in der Weise, dass eine vom Uhrwerk bewegte Scheibe mit ihren zwei Nasen bei jeder Umdrehung zweimal das Anheben und nacheinander erfolgende Abfallen zweier Contactfedern bewirkt, welche metallisch

mit einander verbunden, nur dann den Nebenstromkreis schliessen, wenn beide mit ihren Contactschrauben in Berührung sind, was nur während der kurzen Zeit

Fig. 22.



zwischen dem Abfallen der einen Feder und demjenigen der anderen von einer der Nasen der Fall ist.

Einer genaueren, von **Rühlmann** verfassten Beschreibung dieses Apparates entnehmen wir Folgendes: Der zu registrirende Strom hat keine weitere Arbeit als die

Einstellung des Zeigers auszuführen. Der Apparat beruht im Wesentlichen darauf (Fig. 21 und 22), dass ein leichter, passend gekrümmter Hebel *g* aus seiner Ruhelage in bestimmten kurzen Zeitabschnitten, beispielsweise alle fünf Minuten, durch ein Uhrwerk gegen die Spitze oder Schneide eines Zeigers *d* bewegt wird, bis der Hebel die letztere trifft, und dass der von dem Hebel bei dieser Bewegung beschriebene Winkel durch ein auf der Achse des Hebels sitzendes Zahnrad auf ein Zählwerk übertragen wird.

Die Stellung des Zeigers *d* ist abhängig von der zu registrirenden Stromstärke und der Hebel *g* ist an der Seite, welche der Zeigerspitze gegenübersteht, derart gestaltet, dass die Winkel, welche der Hebel durchlaufen muss, bis derselbe die Zeigerspitze trifft, proportional den Stromstärken sind, die den jeweiligen Stellungen entsprechen. Das Zählwerk summirt alle Stromstärken, welche zu den Zeiten der Messungen vorhanden waren, und misst mithin die Elektricitätsmenge, sofern in dem kurzen Zeitintervalle, welches zwischen beiden Messungen gelegen ist, keine grossen Aenderungen der verbrauchten Strommenge vorkommen.

Die Bewegung des die Messung ausführenden Hebels *g* wurde früher durch eine excentrische Scheibe bewirkt, die durch ein mit der Hand aufzuziehendes Uhrwerk regelmässig gedreht wurde. Jetzt wird die Bewegung des Hebels durch einen Elektromagneten hervorgebracht, dessen Windungen vermittelst einer selbstthätigen Contactvorrichtung in bestimmten Zeitabschnitten von einem kurzen Strom durchlaufen werden.

Der Zeiger *d* ist als einarmiger Hebel ausgebildet

und dermaassen angeordnet, dass die stromlose Ruhelage des Zeigers am äussersten Ende des oscillirenden Hebels *g* liegt. Es hat diese Anordnung den Vorzug, dass sehr schwere Ströme genauer registrirt werden können. Der messende Hebel *g* wird bei dieser Anordnung durch die Feder *r* gegen einen festen Anschlag *i* gezogen, der so abgeglichen wird, dass bei Stromlosigkeit die Schneide des Zeigers *d* dem äussersten Theilstrich der Curve des Hebels *g* nahe gegenübersteht, ohne dass eine Berührung stattfindet.

Die Krümmung der Innenfläche des Hebels *g* wird derart gewählt, dass auch bei allen Zwischenstufen der Stromstärke und der von der letzteren abhängigen Stellung der Schneide des Zeigers, der Drehungswinkel des Hebels *g* der Stromstärke proportional ist. Es gewährt dies den grossen Vortheil, dass es unnöthig wird, das Magnetsystem so einzurichten, dass die Drehung des Zeigers der Stromstärke proportional ist oder überhaupt in einem bestimmten Verhältniss zu ihr steht. Es genügt, die Curve des Hebels *g* empirisch so einzurichten, dass die Proportionalität der Drehungswinkel dieses Hebels mit der zu messenden Grösse vorhanden ist. Sollte durch Aenderung des Magnetismus oder aus anderen Gründen eine Aenderung in den Stellungen des Zeigers veranlasst werden, so genügt es, mittelst der Feder *R* den Zeiger für eine einzige Stromstärke wieder richtig einzustellen, um die Angaben für alle Stromstärken aufs Neue richtig zu machen.

Zur Uebertragung der Drehungswinkel des Hebels *g* auf das Zählwerk ist auf die Drehachse *x* des Hebels ein loses Sperrrad *m* gesetzt, welches durch Trieb und

b mit einem Eisenmantel *o* umgeben worden. — Soll der beschriebene Apparat nicht zur Elektricitätsmessung, sondern zur Messung der elektrischen Energie in Leitungskreisen verwendet werden, in welchen die elektrische Spannung wesentlichen Aenderungen unterliegt, so wird anstatt eines Stahl- oder Eisenkernes, wie bei einem Elektrodynamometer, ein in einem festen Solenoid drehbares Solenoïd angewendet und mit diesem der Zeiger *d* verbunden.

Mott und **Douglas** benützen die magnetischen Eigenschaften eines Elektromagneten oder eines Solenoïds, um die Schwingungen eines der Unruhe einer Uhr ähnlichen Apparates durch Verkürzung oder Verlängerung der Spiralfeder zu verändern.

Vernon-Boys' Energiemesser besteht aus zwei Solenoïden in Cylinderform, welche röhrenförmig in einander gesteckt sind und vom Hauptstrom durchflossen werden. In dem Zwischenraume zwischen den beiden Solenoïden bewegt sich ein drittes feindrähtiges Solenoïd, dessen Wickelung zur Hälfte nach rechts, zur anderen Hälfte nach links kreist. Ein Gegengewicht hält dieses von einem Zweigstrom durchflossene Solenoïd im Gleichgewicht. Die gegenseitige Anziehung der Solenoïde ist nach Hospitalier proportional zum Producte und zur Tangente des Neigungswinkels des Hebels, auf welchem das Solenoïd aufgehangen ist. Das Gegengewicht ist proportional zur elektrischen Kraft, welche stets zwischen den beiden Punkten verausgabt wird. Der Hebel trägt zwei Rollen, welche zu beiden Enden eines Integrations-Cylinders angebracht sind, welcher durch ein Uhrwerk in eine hin- und hergehende Bewegung längs seiner Ro-

tationsachse versetzt wird. Der Cylinder drückt bald auf die eine, bald auf die andere Rolle auf, und zwar auf die rechtsseitige Rolle in seiner Bewegung von links nach rechts und auf die linksseitige, wenn er von rechts nach links geht. Infolge der mehr oder weniger geneigten Lage der Rollen bringt die Bewegung des Integrations-Cylinders gleichzeitig eine Drehung desselben um seine Achse hervor, welche Drehung umso grösser wird, je mehr die Rollen von der Horizontallage entfernt sind, d. h. je mehr die im Stromkreis verbrauchte Energie eine grössere ist. Es geht daraus hervor, dass die Anzahl der Umdrehungen des Cylinders um seine Achse das Mass jener elektrischen Energie gibt, welche in einer gewissen Zeit verbraucht wurde. Der Cylinder wird zu diesem Behufe mit einem Zählwerk verbunden.

In **Vernon-Boys' vibrirendem Messer** ist bei einem Pendel die Schwerkraft durch die elektromagnetische Wirkung des Stromes ersetzt.*) Der Apparat besteht aus zwei Eisenstücken, welche von einander isolirt, eine Art Rad bilden, dessen Felge durch zwei sich gegenüberstehende fixe Solenoïde hindurchgeht. Sobald die Spulen vom Strome durchflossen werden, werden die Eisentheile des Rades von den Solenoïden in sich gesaugt. In dieser Stellung werden sie durch einen kleinen Elektromagneten in periodischen Zeiträumen aus der Ruhe gebracht und in pendelähnliche Schwingungen versetzt, welche von einem Zählwerk einregistrirt werden.

Leonhard Volkert's Verbrauchsmesser besteht in der Hauptsache aus einem Ampèremesser, bestehend

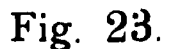
*) Les Compteurs d'énergie électrique. Paris, Masson. Seite 30.

aus einem Solenoïd, in welchem sich ein Eisenkern dreht. Der Ampèremesser wird vom Hauptstrom durchflossen. Auf dem drehbaren Kern, respective auf dem Zeiger des Ampèremessers befindet sich eine unrunde Scheibe. Diese Scheibe hebt in ihrer Drehung eine lose Stange empor, welche an ihrem oberen Ende einen Gewichtshebel trägt. Nachdem die unrunde Scheibe so gestaltet ist, dass den verschiedenen Stromstärken proportionale Verschiebungen des Spaltrades eines Zählwerks entsprechen, beschreiben je nach der Stromstärke Stange und Gewichtshebel einen längeren oder kürzeren Weg, welcher durch eine Klinke auf das Spaltrad übertragen wird. Das Uhrwerk wird elektrisch bethätigt und findet die Einregistrirung in regelmässigen Zeitabschnitten statt, während welchen der Stromkreis durch einen Elektromagneten abwechselnd geöffnet und geschlossen wird.

VI a.

A. Edison's Fundamental - Motorischer Meter. Fig. 23 zeigt einen der ältesten Messer Edison's, in welchem eine Art von elektrischem Motor, getrieben entweder durch den ganzen zu messenden Strom oder aber durch einen Theil desselben, dazu angewendet ist, einen flüssigen Widerstand oder Reibung zu überwinden. Das ganze diesbezügliche Patent (vom 3. März 1887) umfasst die Verbindung eines Stromkreises mit Motor, Flügelrad, Registrirapparat, Verminderung der Geschwindigkeit durch einen festen oder flüssigen Widerstand.

Edison sagt in seinem vom 3. März 1881 datirten Patente, er habe gefunden: »dass die Rapidität, mit welcher der Motor seine Arbeit verrichten wird, proportional ist zur Strommenge, welche ihm Energie zuführt. Wenn nun der Motor so construirt wird, dass er sich langsam dreht, wenn eine Stromeinheit ihn durchfliesst, wird seine Geschwindigkeit in demselben Masse zunehmen, als die Anzahl der Stromeinheiten vermehrt wird.


Fig. 23.

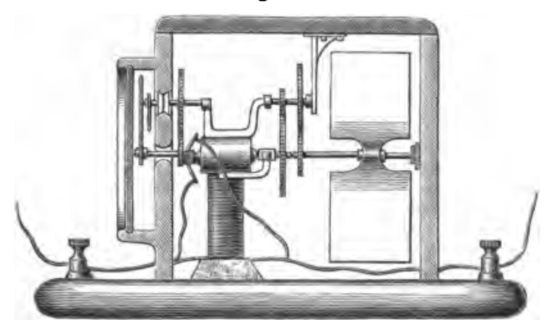
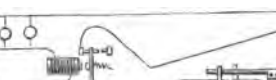


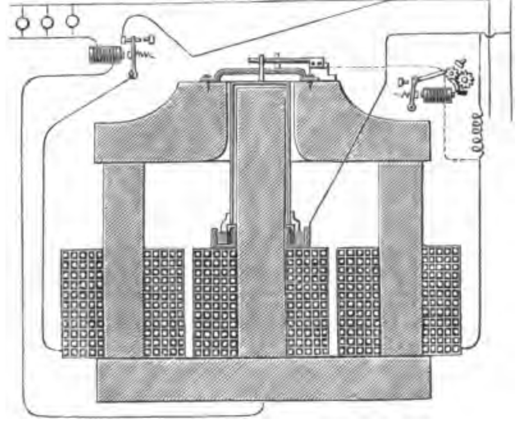
Fig. 24 zeigt uns eine andere Art von motorischem Messer, welcher Edison im Jahre 1883 (17. April) patentirt wurde. Die Form des Motors ist eine Anwendung des »Sturgeon-Rades«.*) Das Rad ist in einen

*) Sturgeon, nach den Engländern Erfinder des Elektromagneten, geboren 1783, gestorben 1850. Seine Versuche sind im Jahre 1825 in den »Procedings of the Society of Arts« publicirt worden. In denselben heisst es: »The superlative intensity of electromagnets and the facility and promptitude with which their energies can be brought into play, are qualifications admirably adapted for their introduction into a variety of arrangements in which powerful magnets so essentially operate, and perform a distinguished part in the production of electromagnetic rotations, etc. etc.

Cylinder umgewandelt, welcher den einen Pol des Magneten umgiebt, während der Cylinder selbst vom anderen Pole umschlossen ist. In diesem Messer ist die Reibung der rotirenden Theile zu einem minimen Factor geworden, die Bürsten sind durch Quecksilbercontacte ersetzt, und die Construction kann einfach und compact gemacht werden. Wahrscheinlich würde, wenn das Quecksilber

Fig. 24.



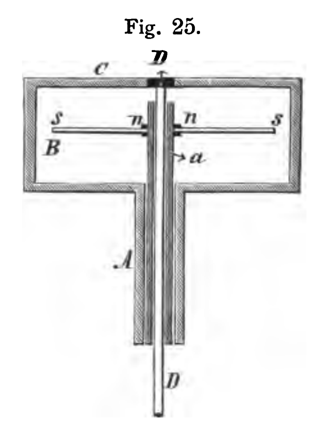


nicht ein solches Unvermögen zu continuirlicher praktischer Arbeit hätte, und wenn es wirklich den idealen Charakter einer »Flüssigkeit« besässe, dieser Messer gewiss zur praktischen Anwendung gekommen sein. Ein in den Hauptstrom eingeschalteter Elektromagnet bewirkt das Oeffnen und Schliessen des Erregerkreises der Elektromagnete des Motors.

Dr. Werner Siemens hat einen Verbrauchsmesser vorgeschlagen, dessen Haupttheil von einem kleinen

elektrischen Motor gebildet wird. Derselbe dreht sich unter dem Einflusse eines Zweigstromes, welcher von den beiden Polen des zu messenden Hauptstromes abgenommen wird. Die Achse des Motorankers, welche ein Zählwerk bethätigt, trägt einen Kupfercylinder, welcher sich, von einem Eisencylinder eingerahmt, im magnetischen Felde des Motors bewegt. Die hiebei sich entwickelnden Foucault'schen Ströme dämpfen die Geschwindigkeit des Motorankers. Wenn der zu messende Strom schwach ist, verursachen die vorhandenen Reibungswiderstände unrichtige Angaben des Zählwerkes. Siemens hat daher vorgeschlagen, zwei Messer von verschiedener Empfindlichkeit zu gebrauchen und zwar einen für schwache, den anderen für stärkere Ströme, welche automatisch ein- oder ausgeschaltet werden. (Siehe Seite 19.)

Fig. 25.



Der Messer Munker's (Nürnberg) (Fig. 25) beruht auf dem Drehungsmomente, welches ein stromdurchflossener Leiter einem Magnet ertheilt, dessen Achse der Ebene des Stromleiters parallel ist. Das aus mehreren Nadeln *ns* bestehende Magnetsystem wird von der drehbaren hohlen Achse *a* getragen. Der Stromleiter geht durch die Achse und in zwei diametralen Richtungen *ABCD* um das System herum und ertheilt demselben ein continuirliches Drehungsmoment.*)

*) Elektrotechn. Zeitschrift, 1889, S. 477.

Dubs in Zürich giebt folgenden Messer an. Man denke sich eine verticale Spule und dieser gegenüber eine andere. In dem von den Spulen leer gelassenen Zwischenraum befindet sich eine Eisenscheibe, welche auf eine Achse aufgekeilt ist. Diese Achse dreht sich in dem leeren Kern der Spulen. Die Spulen selbst sind mit wenigen Wickelungen dicken Drahtes umgeben, durch welche der Hauptstrom fliesst, während ein abgezweigter Theilstrom durch den dünnen Draht geht, mit welchem die Spulen bewickelt sind. Bei constanter Spannung wird der durch den dünnen Draht gehende Zweigstrom die Scheibe mit constanter Kraft hemmen, der veränderliche Hauptstrom wird durch mehr oder minderes Entmagnetisiren der Scheibe eine schnellere oder langsamere Rotation derselben gestatten, welche von einem Zählwerk einregistrirt wird.

Reckenzaun und Pentz gebrauchen in ihrem Messer einen kleinen elektrischen Motor, welcher im Shunt zum Hauptstrom liegt und welcher eine Scheibe in constante Drehung bringt. Diese Scheibe bethätigt mittelst Reibung eine Rolle, deren Achse den Kern eines Solenoïds bildet. Der Hauptstrom geht durch das Solenoïd, und je nachdem der Kern desselben angezogen wird, desto mehr verschiebt sich diese Rolle in radialer Richtung zur Scheibe. Die Geschwindigkeit dieser Rolle nimmt zu, je entfernter sie sich vom Mittelpunkt der Scheibe befindet, und diese Geschwindigkeit ist proportional zur Intensität des Stromes. Reckenzaun hat ferner eine Vorrichtung erfunden, welche darin besteht, dass in der Planscheibe entsprechend geformte Ausschnitte oder Lücken angebracht sind, um die Berührung zwischen

der Reibungsrolle und der Planscheibe zeitweilig auf längere oder kürzere Dauer aufzuheben. Hiedurch soll einmal die Einstellung der Reibungsrolle durch den Elektricitätsmesser gesichert werden und das andere Mal die Umdrehungsgeschwindigkeit der Reibungsrolle proportional der zu messenden Stromstärke, beziehungsweise Energie geändert werden.

Bentz benützt in seinem Messer einen durch ein Uhrwerk in gleichförmige Rotation versetzten Kegel, auf dessen Mantel ein an einem Hebel befestigtes Frictionsrad aufliegt. Die Stellung des Hebels wird durch einen Elektromagneten, durch welchen der zu messende Strom fliesst, bestimmt. Die Drehung des Frictionsrades wird auf ein Uhrwerk übertragen.

Stocker's Verbrauchsmesser ist mit dem von Reckenzaun und Pentz identisch, nur dass die Scheibe, auf welcher die Rolle ruht, durch ein Uhrwerk, anstatt durch einen Elektromotor, bewegt wird. Uebrigens ist ein solcher Apparat als Energiemesser schon vor vielen Jahren von Siemens construirt worden.*)

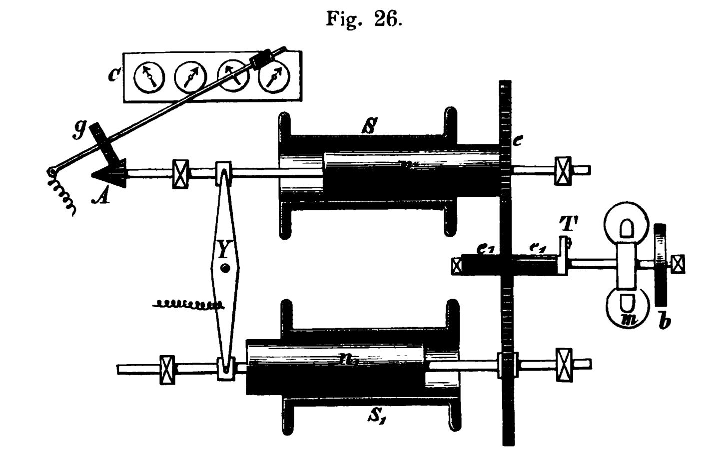
Cuénod und Sautter in Genf (Fig. 26) construiren einen »Coulombmesser«. Bei demselben wird das Zählwerk C durch einen Conus A angetrieben, welcher sich entsprechend der Stromstärke verschiebt. Hiedurch wird das Uebersetzungsverhältniss zwischen dem Conus und einem an selben aufliegenden Frictionsrad g proportional zur Stromstärke verändert. Die Verschiebung des Conus findet statt durch zwei Solenoïde SS^1, deren Kerne nn^1 durch einen Ausgleichshebel Y und ein Rädergetriebe ee^1

*) Siehe Fortschritte der Elektrotechnik 1888, S. 696.

verbunden sind. Der Antrieb der Räder *ee* erfolgt durch ein mittelst Elektromotor *m* mit Unruhe *b* und einer Schaltvorrichtung *T* in Umdrehung versetztes Trieb e^1.*)

Schuckert's Messer vom Jahre 1888 besteht im Wesentlichen aus zwei kleinen Elektromotoren, wovon der eine den anderen dreht. Der sogenannte »treibende« Motor erhält seinen Strom von einem Zweigtheil

Fig. 26.



des zu messenden Hauptstroms und setzt sich, sobald er vom Strome durchflossen wird, in Bewegung. Durch eine geeignete Kuppelung ist er mit dem »getriebenen« Motor verbunden, welch' letzterer die Aufgabe hat, die vom treibenden Motor entwickelte Arbeit zu consumiren, resp. dieselbe auf ein Zählwerk zu übertragen. Durch eine besonders beschriebene Dämpfung, welche sich in der Wickelung oder Umhüllung des Ankers des getrie-

*) Elektrotechn. Zeitschrift 1890, Heft 8.

benen Motors befindet, wird die Umdrehung der beiden Motoren der Stromintensität proportional gemacht.

Fischer und Stiehl's Verbrauchsmesser wirkt in der Weise, dass die Umfangsgeschwindigkeit eines von einer ununterbrochen und gleichmässig sich umdrehenden Scheibe angetriebenen und ein Zählwerk bewegenden Reibungsrades entsprechend der jeweiligen Stromstärke verändert wird. Zu diesem Zwecke ist das Reibungsrad in einem Bügel gelagert, welcher von einem Ampèremesser gedreht werden kann, so dass die Achsen der treibenden Scheibe und des getriebenen Reibungsrades je nach der zu messenden Stromstärke unter einem Winkel von 90° bis 0° zu einander gestellt werden. Die Bewegung des Zählwerkes wird dadurch abhängig von der Stärke des zu messenden Stromes, so dass die Umfangsgeschwindigkeit des Reibungsrades bei gleichförmiger Bewegung der Scheibe proportional ist dem Sinus des Ablenkungswinkels aus der Ruhelage.*)

Wilken's »Wattzähler für Wechselstrom und Gleichstrom mit Differenz-Zählwerk« wirkt in der Weise, dass die Messung der Watts durch einen Elektromotor, dessen Schenkelwickelung in den Stromkreis des zu messenden Stromes und dessen Ankerwickelung in einen Nebenschluss hiezu geschaltet ist, erfolgt, während die Zählung derselben durch ein von zwei Uhrwerken getriebenes Zählwerk erfolgt. Der bewegliche Theil des Elektromotors ist mit einer Trommel gekuppelt, auf welcher die Aufhängfeder eines Pendels aufgewickelt ist, so dass bei Drehung des Motors eine Veränderung der Pendel-

*) Elektrotechn. Echo 1890, Seite 293.

länge bewirkt werden kann. Die Grösse der Abweichung der Schwingungszeiten des Pendels von der vorschriftsmässigen Schwingungszeit bestimmt die Summe der Stromwirkungen. Der Drehung des Motors wirkt eine Feder entgegen. Das Zählwerk kann mit dem als Zählrad dienenden Schnurrade eines zwei übereinstimmende Uhrwerke treibenden Uhrgewichtes verbunden werden.

VI b.

Wright-Ferranti's Messer. In einem von Wechselströmen erregten magnetischen Felde sind die elektrodynamischen Impulse, welche auf einen im Feld befindlichen Ring oder Scheibe nichtmagnetischen Metalles einwirken, abwechselnd anziehend oder abstossend. Wenn der magnetische Kreis eine genügend grosse Selfinduction besitzt, überwiegen die abstossenden Impulse und ihre Wiederholung bildet eine abstossende Kraft.*)

Nach Prof. Elihu Thomson, dem wir die hierauf bezüglichen Experimente verdanken, ist die Periode,

*) Zur Erweisung dieser Thatsache machte Prof. Fleming folgende Experimente: Auf einem Elektromagneten, welcher einen aus Drähten bestehenden Eisenkern hat, legt man einen Kupferring. Wird der Elektromagnet von einem kräftigen Wechselstrom durchflossen, springt der Ring in die Luft. — Weiters: Ueber einem Elektromagneten wird eine Kupferscheibe auf einer Wage aufgehangen, so dass die Scheibe die eine Wagschale bildet. Fliesst der Strom durch den Elektromagneten, so fängt die Wage zu schwingen an, weil die Scheibe abgestossen wird. Es ist wesentlich, dass die Scheiben, Ringe u. s. w. einen geschlossenen Stromkreis bilden. Sie dürfen daher keine radialen Einschnitte haben.

während welcher die Ströme entgegengesetzter Natur sind, und während welcher die Abstossung stattfinden kann, eine verlängerte, und findet diese Verlängerung auf Kosten jener Periode statt, während welcher die Ströme in der rechten Richtung für eine anziehende Action sind.

Diese abstossende Wirkung, welche durch die Differenz in der effectiven Periode hervorgerufen wird, beruht aber noch auf einem anderen Umstande, welcher den Repulsionseffect noch mehr hervortreten lässt. Dies ist der Umstand, dass während der Periode der Abstossung beide Ströme, sowohl der inducirende als auch der inducirte, ihren grössten Werth erreichen, während sie in der Periode der Anziehung (Attraction) vergleichungsweise einen geringen Werth besitzen. Dieser Umstand kann auch ausgedrückt werden, dass man sagt, dass die Periode, während welcher die Abstossung (Repulsion) stattfindet, alle Strom-Maxima in sich einschliesst, während die Periode der Anziehung keine Maxima einschliesst. Wir haben daher eine Abstossung, verursacht durch die summarischen Effecte von starken entgegengesetzten Strömen für eine verlängerte Periode, gegen eine Anziehung, verursacht durch die summarischen Effecte von schwachen Strömen gleicher Richtung während einer verkürzten Periode. Der resultirende Effect ist eine vorherrschende Abstossung.

Es ist nun nicht schwer, die Wirkungen zu verstehen, welche ein von einem Wechselstrom durchflossener Elektromagnet auf Ringe, Scheiben, Spulen u. s. w. ausübt. Man wird ebenso leicht begreifen, dass ein von

einem Wechselstrom hervorgerufenes magnetisches Feld in jeder Beziehung dieselben Wirkungen ausübt, wie eine Wechselstrom-Spule, welche einen geschlossenen Leiter abstösst, weil die Abstossungen zwischen zwei Leitern das Resultat von magnetischen Abstossungen sind, welche durch entgegengesetzte Felder hervorgerufen werden, welche Felder durch die Spulen erzeugt werden, wenn die Ströme in ihnen entgegengesetzter Richtung sind.*)

Prof. Elihu Thomson hat bezüglich der seltsamen Effecte, welche zwischen zwei Stromkreisen stattfinden, wenn dieselben dem magnetischen Flux eines durch Wechselstrom erregten magnetischen Poles ausgesetzt sind, nachfolgende Gesetze gebracht.**)

1. Wenn zwei oder mehrere geschlossene Stromkreise gleichmässig von einem Wechselstrom-Magnetfeld beein-

---

*) Eines der hübschesten, diese Abstossung darstellenden Experimente ist folgendes: In einem mit Wasser gefüllten Gefässe schwimmt eine geschlossene Drahtspule, welche in einer Glühlampe endigt. Das Gefäss wird über eine andere Spule mit Eisenkern gestellt. Sobald ein Wechselstrom die Eisenkernspule durchfliesst, wird in der schwimmenden Spule ein Strom inducirt, welcher die Glühlampe aufleuchten macht. Zu gleicher Zeit erhebt sich die schwimmende Spule über das Wasser und schwebt frei in der Luft.

Dasselbe Experiment dient auch dazu, die Wirkung magnetischer Ueberschirmung (richtiger gesagt Bedeckung, im Englischen: magnetic screening) zu demonstriren. Wenn zwischen dem Magnetpol und der Inductionsspule eine Kupferscheibe eingeführt wird, so lenkt die Scheibe die inductive Action des Magnetpoles ab (the copper »screens« the coil from the inductive action of de pole — das Kupfer überschirmt die Spule von der inductiven Wirkung des Poles) und das Licht in der Glühlampe erlischt.

*) Electrician, XXV, No. 628.

flusst werden, ziehen sie sich gegenseitig an und suchen sich in Parallelismus zu bewegen.

2. In einem Wechselstrom-Magnetfeld befindliche Eisen- oder Stahlmassen geben zur lateralen Verschiebung von Magnet-Kraftlinien Veranlassung und können daher geschlossene Stromkreise in der Richtung der Verschiebung solcher Linien bethätigen.

3. Geschlossene Stromkreise in Wechselstrom-Magnetfeldern oder Felder von wechselnder Intensität geben zur Verschiebung von Magnetismus, oder zu Kraftlinien Anlass, welche sich lateral zu ihrer eigenen Richtung bewegen, und können daher andere geschlossene Stromkreise in der Richtung solcher Linien bewegen.

4. In einem Wechselstrom-Magnetfelde befindliche Eisen- oder Stahlmassen können in Wechselwirkung treten mit anderen solchen Massen oder mit geschlossenen Stromkreisen, so dass sie eine Bewegung solcher Massen oder Stromkreise hervorbringen.

Wenn wir zu unserem ersten Experiment zurückkehren, welches in der Abstossung eines Kupferringes bestand, so finden wir, dass, wenn wir einen zweiten Ring unter dem ersten einschieben, beide Ringe sich anziehen und beide Ringe abgestossen werden, als ob sie Eins wären. Die inducirten Ströme sind in beiden Ringen gleicher Richtung und ziehen sich gegenseitig an.

Diese anziehende Wirkung kann dazu verwendet werden, um eine continuirliche Umdrehung hervorzubringen.

Man hält eine Kupferplatte über den Magnetpol, doch so, dass blos ein Theil dieses Poles von der Platte überschirmt wird. Eine Kupferscheibe ist über der Platte

gegenüber dem Pol angebracht. Die Scheibe fängt dann an sich rapid zu drehen, sobald der Wechselstrom den Pol erregt. In diesem Falle beschirmt oder überschattet (shading) die Platte blos einen Theil des Magnetpols, verursacht hiedurch eine unsymmetrische Vertheilung der inducirten Ströme in der Scheibe und bringt diese zur Umdrehung.

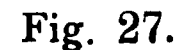
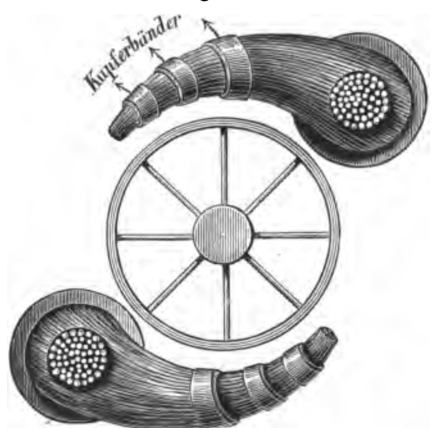


Fig. 27.



Der Messer von Wright-Ferranti (Fig. 27) beruht auf dieser unsymmetrischen Entwicklung von inducirten Strömen in einem drehbaren Körper. Das Instrument besteht aus zwei vertikalen Elektromagneten, deren Eisenkern aus einem Bündel Drähte besteht. An den Polen dieser Elektromagnete sind aus Eisen-Lamellen bestehende gekrümmte Hörner angebracht, welche in der horizontalen Ebene liegen. Diese Hörner sind ihrer Länge nach theilweise mit in sich selbst geschlossenen Kupferringen oder Kupferstreifen überwunden, wodurch ihr Magnetis-

mus stückweise überschirmt wird. Die gekrümmten Hörner umfassen zum Theil die Peripherie eines Raumes, in welchem sich ein leichtes Metallrad dreht, das mit einem Zählwerk verbunden ist.

Prof. Fleming erklärt das elektromagnetische Princip dieses Messers auf folgende Weise: Die Ueberschirmung oder Drosselung (throttling) der Eisenhörner veranlasst den rapid umgekehrten Magnetismus, die Form einer lateralen Diffusion von Kraftlinien von den Seiten der Hörner aus anzunehmen. In Wirklichkeit geht eine Serie von magnetischen Polen entgegengesetzten Zeichens von der breiten Seite des Hornes (wo es mit dem Magnetpol in Verbindung ist) zu der Spitze des Hornes. Diese Pole sind dargestellt durch eine Serie von Kraftlinien-Bündeln, lateral von den Seiten des Hornes ausgehend und dasselbe durchstreifend. Der laterale Durchgang dieser Kraftlinien durch das Metallband, welches die Felge des drehbaren Rades bildet, erzeugt in diesem Bande Extraströme. Diese letzteren werden fortwährend von dem sie erzeugenden veränderlichen magnetischen Felde abgestossen, und durch den wechselnden Magnetismus der Magnetpole wird das Rad in Drehung versetzt.

Das Princip dieses Messers mag noch durch die Experimente erläutert werden, welche Prof. Thomson angestellt hat und welche darauf beruhen, dass Eisen- oder Kupferscheiben in Drehung versetzt werden, wenn sie Eisen- oder Stahlmassen nahegebracht werden, in welchen die Propagation des Magnetismus durch geschlossene Stromkreise unterbrochen oder »gedrosselt« wird. In diesen geschlossenen Stromkreisen (welche im

Ferranti-Messer durch Kupferband-Ringe an den Hörnern dargestellt werden) werden, sobald die magnetische Induction im Eisenkern zunimmt, Extraströme entwickelt, deren Kraftlinien der primären Induction im Stromkreise entgegengesetzt sind. Diese Extraströme sind aber ausserhalb des Eisens und ausserhalb des Kupferbandes gleicher Richtung mit den im Eisen entwickelten Strömen. Das Resultat dieser Drosselung ist gleichsam, als ob die Linien der primären Induction im Eisen lateral abgelenkt würden und um das Band herum ihren Ausgang fänden. Wenn die magnetische Induction im Eisen (welche durch den Wechselstrom hervorgebracht wird) periodisch gemacht wird, wird diese Action eine Art lateraler Pulsation der Magnetkraftlinien in der Nähe der Kupferbänder hervorrufen. Wenn nun ein drehbarer Leiter einem solch magnetisch gedrosselten Eisenhorne nahegehalten wird, so wird eine laterale Verschiebung der Kraftlinien durch diesen drehbaren Leiter hindurch stattfinden, und in dem Leiter (Rade) werden Extraströme inducirt werden. Diese Ströme, in der Umkehrungsperiode des Feldes vermöge der Selfinduction in dem Leiter (Rad) ausharrend, werden verursachen, dass ein Theil des Rades fortwährend abgestossen wird, und das Rad wird endlich eine Drehung annehmen.

Der **Shallenberger-Messer** wird von der Westinghouse-Gesellschaft folgendermassen beschrieben: Die Achse des Messers ist mittelst Zahnradübersetzung mit einem Zählwerk, ähnlich wie das eines Gasmessers verbunden. Der Messer besteht im Wesentlichen aus einer Spule mit einer kurzen Wickelung dicken Drahtes, durch welche der zu messende Strom geht. Innerhalb dieser Spule

und von derselben theilweise umfangen, befindet sich ein aus Kupferringen bestehender geschlossener metallischer Leiter. In demselben dreht sich eine Metallscheibe, bestehend aus wenig Eisen und Aluminium. Die magnetischen Achsen der Spule und des Leiters sind horizontal und schliessen einen Winkel von beiläufig 45° ein. Dieser Winkel kann adjustirt werden und von ihm hängt die Calibrirung des Messers ab. Die Achse steht mittelst Schneckenschraube mit dem Zählwerk in Verbindung.

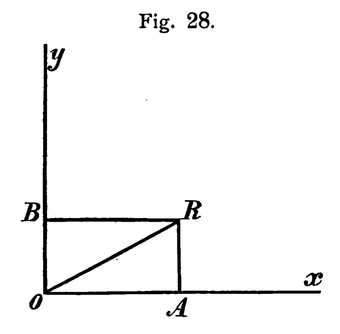
Sobald die Spule von einem Wechselstrom durchflossen wird, wird ein Kraftfeld geschaffen, welches eine gewisse polare Achse in Beziehung zur Scheibe hat. Zu gleicher Zeit werden in den Kupferringen Ströme inducirt. Diese letzteren Ströme magnetisiren die Scheibe und die Lage der beiden Spulen ist eine solche, dass die in der Scheibe hergestellte magnetische Achse mit dem von der Spule hergestellten magnetischen Felde einen Winkel bildet. Folglich werden von den Polen der Spulen auf die magnetische Scheibe Anziehung und Abstossung entwickelt, und die Scheibe dreht sich mit einer dem Quadrate der Stromintensität entprechenden Geschwindigkeit. Um directe Ablesungen zu ermöglichen, ist an der Achse ein Flügelrad angebracht, welches die Geschwindigkeit auf ein der Stromstärke direct entsprechendes Minimum reducirt.

Erklärend für den Vorgang in diesem Messer sind die Mittheilungen Galileo Ferrari's über elektrodynamische Drehungen durch Wechselströme. Wenn auf einen gewissen Punkt *O* zwei magnetische Kräfte in auf einander senkrechten Richtungen einwirken, und wenn die Intensitäten der beiden magnetischen Felder als

Gerade aufgetragen werden, so stellt die Diagonale des aus letzteren zu construirenden Rechteckes die Intensität des resultirenden magnetischen Feldes der Grösse und Richtung nach dar. Aendern sich die Intensitäten der beiden Felder nach einem gewissen Gesetze, so wird der Endpunkt R jener Diagonale eine Kurve beschreiben, und zwar derart, dass OR stets die Bedeutung der Diagonale beibehält (siehe Fig. 28).

Es sollen nun die beiden magnetischen Felder durch Wechselströme von gleicher Periode und von sinusartigem Verlauf erzeugt werden. Besitzen dann die Ströme eine Phasendifferenz gleich Null oder gleich einem Vielfachen der halben Periode, so ist die von R durchlaufene Curve eine durch O gehende Gerade. Bei anderen Phasenunterschieden wird sich R auf einer Ellipse mit dem Mittelpunkt O fortbewegen; es entsteht also ein um O rotirendes magnetisches Feld, dessen Umlaufszeit gleich der Periode der Ströme ist. Wird die Phase eines der Ströme um ein ungerades Vielfaches der halben Periode geändert, so verwandelt sich die Rotationsrichtung in die entgegengesetzte. Setzt man bei beiden magnetischen Feldern dasselbe Periodenmaximum voraus, so kann die Ellipse in einen Kreis übergehen.*)

Fig. 28.



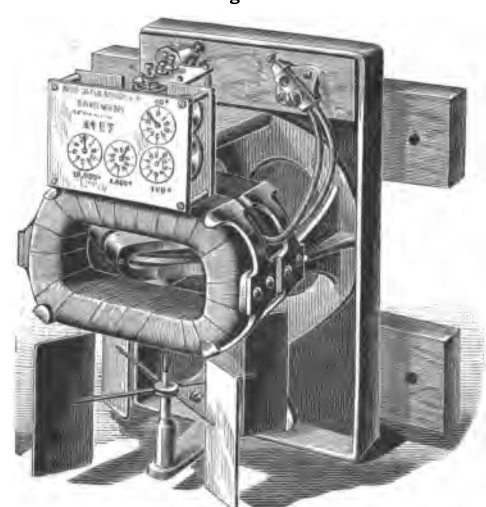
Das durch verschiedene Combinationen entstehende

*) Atti della R. Accadem. delle scienze di Torino Bd. XXIII. 1888. Elektrotechn. Zeitschr. Dec. 1888.

rotirende magnetische Feld vermag wie ein rotirender Magnet zu wirken und kann einen um O drehbaren Leiter in Folge von Inductionserscheinungen in Rotation versetzen.

Eine andere Erklärung der in dem Shallenberger-Messer (Fig. 29) vorgehenden Phänomene ist folgende:

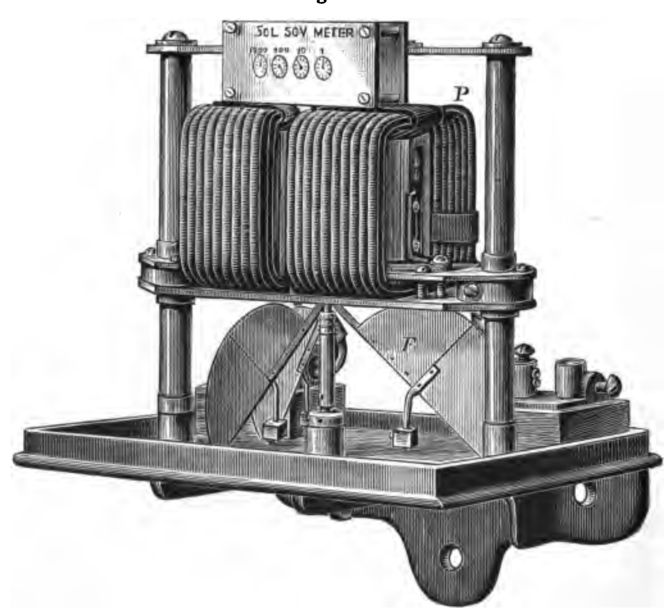
Fig. 29.



Die Drehung der Scheibe, welche einen Eisenanker besitzt, ist hervorgebracht durch eine alternirende Polarisationslinie, welche durch den Strom hervorgebracht wird, der in der ersten Spule kreist. Eine zweite Polarisationslinie wird hervorgerufen durch eine zweite Spule, bestehend aus einem geringelten geschlossenen Leiter, in welcher von der ersten Spule Ströme inducirt werden. Beide Polarisationslinien stehen im Winkel zu einander

und bilden dergestalt in dem Eisenanker der Scheibe zwei correspondirende Linien von verschiedenen Phasen, deren gegenseitige Anziehungen auf einander wirken. Die Drehung der Scheibe ist eine continuirliche, weil die Polarisationslinien ihre Polarität mit jedem Strom-

Fig. 30.



wechsel ändern und dadurch immer eine relativ gleichmässige Anziehung ausüben.

Der **Slattery-Messer** (Fig 30) wird folgendermassen beschrieben.*) Das Princip dieses Messers ist die Combination von zwei im Winkel sich kreuzenden Spulen

*) »Electrician« XXIII Oct. 25. 1889.

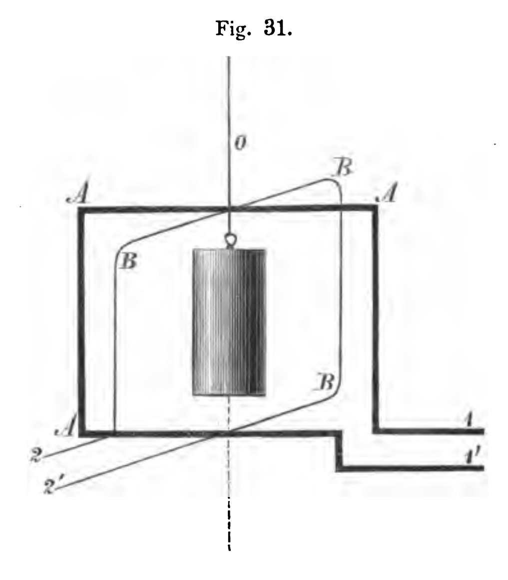
(von welchen eine vom primären, die andere vom secundären Strome durchflossen ist) mit einem beweglichen Anker, bestehend aus einem sehr leichten Kupfercylinder. Die geringe Inertie, welche der Cylinder besitzt, gestattet auch die Messung von geringen Stromintensitäten. Die secundäre Spule hat geringen Widerstand und ist aus einem Kupferband hergestellt. Um die Rotation (welche mit dem Quadrat der Stromintensität zunimmt) derart zu gestalten, dass das Zählwerk directe Ablesung gestattet, ist die Achse mit fächerförmigen Flügeln als Dämpfer versehen.

Dieser Messer ist ganz auf den Versuchen Ferrari's aufgebaut, welche wir schon bei Shallenberger's Messer erwähnt haben. Ferrari sagt: Mittelst eines Wechselstromes lassen sich die beiden magnetischen Felder (von welchen wir bei Shallenberger gesprochen) unter anderem dadurch hervorbringen, dass man denselben durch eine feste Spirale gehen lässt, welche das eine Feld erzeugt, und dass man ihn dann durch eine primäre Spule eines Transformators schickt, dessen secundärer Strom eine andere feste Spirale durchläuft, die das zweite magnetische Feld bildet. Die Herstellung der Phasendifferenz geschieht durch Einschaltung eines geeigneten Widerstandes mit Selbstinduction in den secundären Stromkreis. Ebenso kann man die von zwei Transformatoren gelieferten secundären Ströme zur Hervorbringung der beiden magnetischen Felder benützen.

Das in der erwähnten Weise entstehende rotirende magnetische Feld vermag wie ein rotirender Magnet zu wirken und kann z. B. einen um *O* drehbaren Leiter infolge von Inductionserscheinungen in Rotation

versetzen. In Fig. 31 sehen wir die von Ferrari gemachten Versuche in schematischer Darstellung. Der primäre Strom geht durch die Spirale 1*AAA*1' aus dickem Drahte, der secundäre durch die senkrecht zu dieser stehende Spirale 2*BBB*2' aus dünnem Drahte. Der Widerstand wird so abgeglichen, dass er eine ge-

Fig. 31.



nügende Phasendifferenz der Ströme hervorruft und die beiden magnetischen Felder gleich macht. In dem Raume zwischen beiden Spiralen hängt an einem Faden ein kleiner, geschlossener, hohler Kupfercylinder *C*, welcher zu rotiren anfängt, sobald durch jede Spirale ein Strom geschickt wird. Die Rotationsrichtung ändert sich bei einer Vertauschung der Verbindungen mit der secundären Spirale.

Slattery selbst sagt von seinem Messer Folgendes: Der Durchgang eines Wechselstromes durch die primäre Spule P erzeugt durch Induction einen Strom gleicher Natur jedoch entgegengesetzter Richtung in der secun-

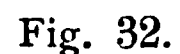
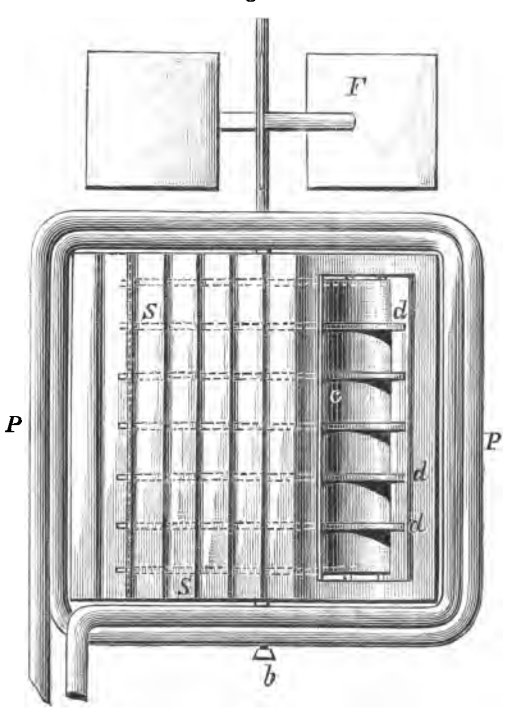
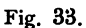


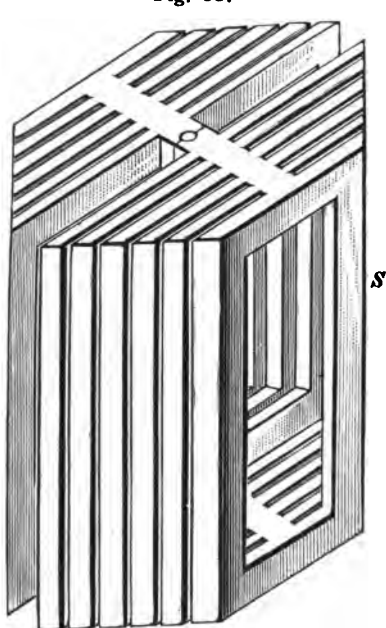
Fig. 32.



dären Spule S. Der Cylinder C spielt die Rolle einer secundären Spule für jede der beiden Spulen P und S und empfängt durch Induction von jeder derselben Strom. Unter allen diesen Strömen giebt es Abstossungen und Anziehungen, welche abhängen von ihrem Parallelismus,

von ihrer gegenseitigen Entfernung, von der Gleichartigkeit oder Ungleichartigkeit der Bewegung in deren Impulsen in Zeit und Richtung. Der Cylinder (Fig. 32 u. 33), welcher frei drehbar ist, gehorcht der Kraft, welche die Resultante aus all den Anziehungen und Abstossungen


Fig. 33.



ist, welche zwischen den im Cylinder inducirten und den in den Spulen P und S circulirenden Strömen statthaben. In analoger Weise sind die Scheiben ddd aus weichem Eisen den magnetischen Anziehungen und Abstossungen der zwei Kraftfelder unterworfen, welche die Spulen P und S umrahmen, deren resultirende Kraft dahin strebt,

die Scheiben in gleicher Richtung zu drehen, in welcher der Cylinder durch die inducirten Ströme gedreht wird.

Die Flügel des Windmühlrades *F* haben solche Oberfläche und Form, dass sie mit dem schwächsten Strome, welcher den Mechanismus in Gang setzt, dessen Geschwindigkeit verzögern. Der Widerstand der Luft gegen die Umdrehung des Windmühlrades nimmt mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zu und die Geschwindigkeit des Cylinders (von Reibung abgesehen) nimmt mit dem Quadrat der Stromintensität zu; wenn diese beiden Wirkungen in das richtige Verhältniss gebracht werden, kann die Umdrehungsgeschwindigkeit des Cylinders proportional zur Intensität des in der primären Spule *P* circulirenden Stromes gemacht werden.

Es ist nothwendig, dass die secundäre Spule äusserst geringen Widerstand habe und den Cylinder so eng als möglich umfassen solle. In Slattery's Messer besteht die secundäre Spule aus einem Kupfer-Gussstück, welches so ausgesägt wird, dass es eine Combination von parallelen Rechtecken bildet, welche durch eine Mittelrippe zusammengehalten werden. Der Cylinder ist aus äusserst leichtem Kupferblech, welcher an seinem Ende mit Aluminium eingefasst ist.

Der Messer von Ganz & Co. für Wechselströme besteht im Wesentlichen aus einer um eine verticale Achse sehr leicht drehbaren horizontalen Kupferscheibe, die durch einen Schneckentrieb und diverse Uebersetzungsräder ein Zählwerk in Bewegung setzt. Die Kupferscheibe ist der inducirenden Wirkung zweier Systeme von Elektromagneten ausgesetzt. Das eine dieser Systeme wird durch den zu messenden Wechsel-

strom magnetisch erregt, und ist der in diesem Magnetsysteme (Hauptstrom-Magnet) entwickelte Magnetismus dem hindurchgehenden Strom proportional.

Das zweite Magnetsystem ist mit sehr dünnen Drahtwickelungen versehen und an die beiden stromführenden Hauptleitungen angeschlossen. Beide Magnetsysteme induciren in der Kupferscheibe Ströme und versetzen dieselbe in Drehung. Die Bewegung der Scheibe in den magnetischen Feldern inducirt wieder Ströme in ihr selbst, welche sich auf die Bewegung der Scheibe hindernd verhalten. Bei einer gewissen Geschwindigkeit tritt zwischen den treibenden und hemmenden Kräften Gleichgewicht ein. Diese Geschwindigkeit ist der Intensität des Hauptstromes unter sonst gleichen Umständen proportional, da ja bei einer rationellen Stromvertheilung die Stromspannung constant erhalten wird. Die Uebersetzungen der Räder bis zum Zählwerk sind so gewählt, dass die Zeiger auf den Zifferblättern direct die Ampèrestunden anzeigen. Aus den Frankfurter Versuchen, welche mit diesem Messer angestellt wurden, geht hervor, dass derselbe mit einer Genauigkeit von 3 Procent arbeitet.

Der Messer von Paccaud-Borel wird von Hospitalier*) folgendermassen beschrieben: Dieser Messer basirt auf den besonderen Eigenschaften der magnetischen Felder, welche durch Wechselströme von häufiger Frequenz hervorgerufen werden. Denken wir uns (Fig. 34) zwei Spulen, deren Achsen im Rechteck aufeinander stehen, welche eine ungleiche Anzahl von Wickelungen enthalten und eine im Verhältniss von der anderen abgezweigt sind, und zwar so, dass der Gesammtstrom beide mit

*) La Nature Nr. 861.

einem Male durchfliesst, sich ungleichmässig jeden Augenblick in jeder der beiden vertheilend, und zwar in Folge der Ungleichheit der Coëfficienten der Selfinduction. Jede dieser Spulen wird versuchen ein magnetisches Feld hervorzurufen, dessen Intensität jeden Augenblick von der Intensität des Stromes abhängen wird. Das resul-

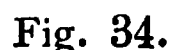
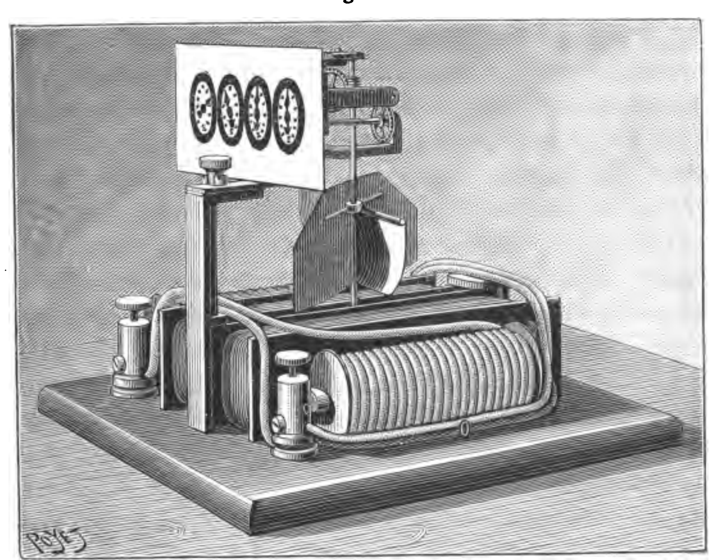


Fig. 34.



tirende Feld wird in einer Richtung drehbar sein, welch' letztere von den Verbindungen der Spulen unter einander abhängt. Eine Scheibe aus weichem Eisen wird sich in der Richtung der Drehung des magnetischen Feldes zu drehen suchen, und zwar um so schneller, je intensiver das Feld selbst und der Strom ist, welcher das Feld hervorruft. In dem Modell, welches auf der Pariser Welt-

ausstellung figurirte, wird eines der magnetischen Felder durch einen Elektromagneten hervorgerufen, über welchen, perpendiculär zu seiner Achse, eine Spule feinen Drahtes gewickelt ist. Zwischen den Schenkeln des Elektromagneten, in einer Spalte der feindrähtigen Spule, dreht sich die Eisenscheibe, deren Geschwindigkeit durch ein Flügelrad gedämpft wird. Der Apparat ist sehr einfach und nimmt wenig Platz ein.

Prof. Elihu Thomson hat einen Verbrauchsmesser construirt, welcher auf Grund seiner Versuche über elektromagnetische Abstossung durch Wechselströme aufgebaut ist. Der Apparat besteht in der Hauptsache aus einer Spule dicken Drahtes, welche halbmondförmig aufgerollt ist und ein kräftiges Solenoïd bildet, indem es von dem zu messenden Strom durchflossen wird. Im Innern dieser festen Spule schwingt eine doppelte Spule feinen Drahtes, welche auf einem Pendel aufgehangen ist. Das Pendel ist sehr empfindlich, indem es wie eine Wage auf Messerschneiden balancirt. In seiner Schwingung beschreibt das Pendelende (d. h. die feindrähtige Spule) einen Kreisbogen, dessen Form dem Inneren der dickdrähtigen Spule angepasst ist. Der obere Theil des auf den Messerschneiden schwingenden Pendels ist verlängert und endet in einem sehr leichten Kupferblechstück, welches den Bewegungen des Pendels folgend, in dem Felde zweier permanenter Magnete schwingt, welche rechts und links zu Seiten des Kupferbleches angebracht sind. Ausserdem befindet sich auf dem Pendel ein Mitnehmer, welcher auf ein Zählwerk einwirkt. Die das Pendel treibende motorische Kraft ist die Repulsion, welche das dickdrähtige Solenoïd auf die feindrähtigen

Spulen ausübt. Diese feindrähtigen Spulen bestehen aus zwei Wickelungen, welche im Nebenschluss zum Hauptstrom liegen. Diese zwei Wickelungen werden abwechselnd von einem Zweigstrom durchflossen, was mit Hilfe eines automatischen Commutators geschieht. Das Kupferblechstück dient als Dämpfer.*)

Ueber seinen Messer äussert sich Prof. Thomson noch in folgender Weise:**) Der schwingende Körper ist auf Messerschneiden aufgehangen und ist so genau ausbalancirt, dass der Apparat aus dem Niveau gerathen kann, ohne dass die Lage des schwingenden Theiles dadurch eine Aenderung erfahren könnte. Was die mögliche Funkenbildung anbelangt, welche durch das Verschieben (shifting) des Stromes von einer feindrähtigen Spule zur anderen entstehen könnte, sei derselben nur wenig Bedeutung beizumessen, weil diese Spulen grossen Widerstand besitzen und von einem sehr geringen Strombruchtheil durchflossen werden. Das abwechselnde Schliessen des Stromkreises in den feindrähtigen Spulen geschieht durch einen Hebel, der eine Eisenmasse trägt, welch' letztere in einem magnetischen Felde schwingt, welches die schnellen Schwingungen veranlasst. Man könne mit Recht sagen, der Apparat sei eher ein Motor (reciprocating electric motor) als ein Verbrauchsmesser. Seine Registrirungen sind fast genau proportional zur Stromintensität und werden vom Quadrat derselben nicht beeinflusst.

---

*) Electrical World 1890. XVI. Nr. 5.

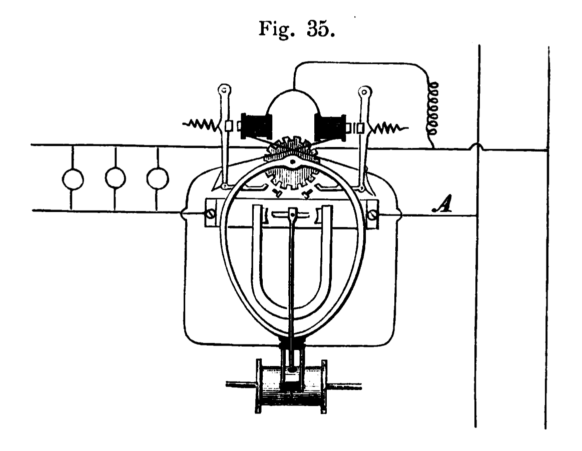
**) Electrician. Vol. XXV. Nr. 643.

VII.

Edison's Messer war auch in der Kategorie der sogenannten galvanometrischen Messer einer der ersten, welche nicht nur theoretisch angedeutet, sondern auch wirklich construirt wurden.

Fig. 35 zeigt uns in schematischer Darstellung einen Messer Edison's (patentirt 1883), in welchem sich in der Hauptlinie ein Galvanometer befindet, welch' letzterer

Fig. 35.



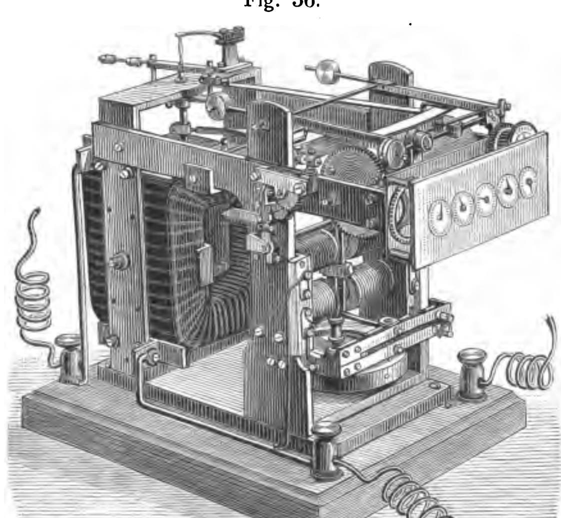
auf einen Stromkreis einwirkt. Dieser Stromkreis erregt verschiedene Elektromagnete, welche ihrerseits einen Registrir- oder Zählapparat in Bewegung setzen. Der Vorzug wird bei letzterem einem Stift-Recorder gegeben und wird das erzielte Diagramm mit einem Planimeter gemessen.

Trotz seiner zahlreichen auf diese Kategorie Bezug habenden Patente ist Edison von einer praktischen Ausnützung derselben abgegangen, indem er diese Sorte

von Apparaten als inconstant, complicirt und ungenau betrachtet.

Cauderay's Coulombmesser (Fig. 36) besteht aus: 1. einem Uhrwerk, welches die Zeit misst, 2. einem Ampèremesser, welcher die Intensität des Stromes misst, 3. aus einer mechanischen Anordnung, welche die Multi-

Fig. 36.

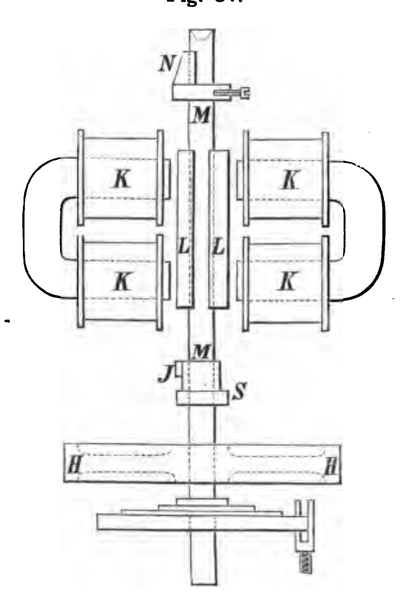


plication der Intensität mit der Zeit vornimmt, und 4. aus einem Zählwerk oder Totalisateur.

Die Hauptbestandtheile des Uhrwerkes sind (Fig. 37): Ein rundes Pendel *H* im Gewichte von 700 Gr., welches eine doppelte Schwingung per Secunde macht. Auf derselben Achse befindet sich eine Spirale *J*, welche die Regelmässigkeit der Schwingungen aufrechterhält. Die motorische Kraft, welche das Pendel *H* in Bewegung zu

erhalten hat, wird durch eine Abzweigung vom Hauptstrom erhalten, welche die Spulen *K* durchkreist, und welch' letztere die Anker *L L* anziehen, welche auf der Achse *M* aufgekeilt sind. Durch diese Anziehung geräth das Pendel in Bewegung.

Fig. 37.

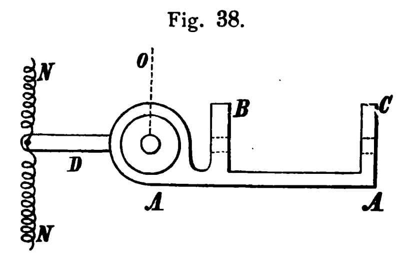


Die vier Spulen *K* haben zusammen 1000 Ohms Widerstand für Apparate von 100 Volts, sie werden daher von einem Zehntel Ampère durchflossen. Dieser Strom durchfliesst die Spulen alle 10—12 Secunden und blos während einer Viertel-Secunde.

Der Regulator oder automatische Unterbrecher hat eine grosse Wichtigkeit, weil von ihm der gute Gang

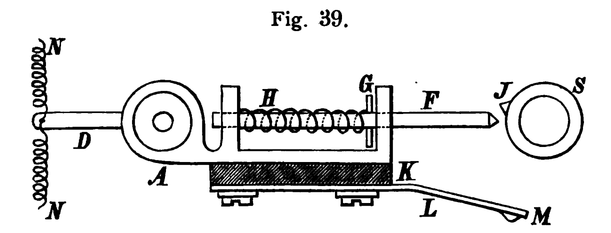
des Apparates und die Continuität des Betriebes abhängt. Er besteht aus zwei Systemen von Züngelchen, welche von Kämmen und Klinkern bethätigt werden, welche auf zwei Reifen auf der Pendelachse angebracht sind. Wir werden jedes dieser zwei Systeme getrennt beschreiben.

Fig. 38.



Ein Bronzestück *A* (Fig. 38), welches um den Punkt *O* schwingen kann, hat in *B* und *C* zwei Ausläufer, in welche ein viereckiges Loch eingestanzt ist. *D* ist ein kleiner Stift, auf welchem die Spiralen *NN* befestigt sind.

Fig. 39.



Durch die viereckigen Löcher in *B* und *C* geht ein viereckiger Stahlstift *F* (Fig. 39), welcher von der Feder *H* und von dem Stift *G* auf seinem Platze gehalten wird, welcher sich aber in Längsrichtung nach dem Centrum *O* bewegen und durch die Gegenfeder *H* wieder zurückgeführt werden kann. *K* ist ein Plättchen aus Ebonit,

welches die doppelte bewegliche Lamelle *L* zu isoliren hat. Diese Lamelle ist in *M* mit einem Platincontact versehen.

Die beiden Spiralen *NN* haben den Zweck, das Züngelchen *F* in einer bestimmten Position verharren zu machen, wenn der Kamm *J* es weder von der einen noch von der anderen Seite angreift.

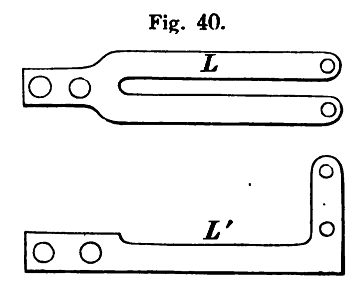
Auf der Pendelachse ist ein Reifen *S* angebracht, welch' letzterer mit dem Kamm *J* versehen ist, welcher bei jeder Schwingung das Züngelchen *F* anstösst und den Contact (jedoch nur in einer Richtung) herstellt.

Das andere System differirt von dem soeben beschriebenen nur in der Form der Lamelle *L*, welche einfach und an ihrem Ende gebogen ist und zwar so, dass sie in einem gegebenen Momente die erste Lamelle berühren kann. Der mit ihr correspondirende Reif auf der Pendelachse trägt keinen Kamm, sondern hat zwei Einschnitte, in welche sich die Lamelle derart einlegt, dass, so lange der Pendel eine eine halbe Umdrehung übersteigende Schwingung macht, die zwei Lamellen miteinander in Contact kommen können, und setzt der Hebel seine Schwingungen fort. Sobald aber die Schwingungen eine kleinere Amplitude als eine halbe Umdrehung haben, gehen die Einschnitte nicht weit genug, das zweite Züngelchen bleibt auf seinem Platze, und das erste durch den Kamm *T* angestossen, stellt in *M* den Contact her. Der Strom geht dann durch eine Viertel-Secunde durch die Spulen *K* und der Hebel empfängt eine neue Impulsion.

Wir haben gesagt, dass die Lamelle *L* (Fig. 40), welche von dem ersten Züngelchen getragen wird, doppelt ist (in Gabelform), während die zweite *L'* einfach,

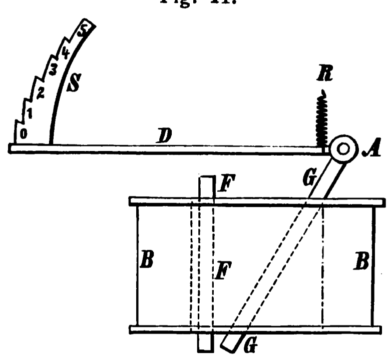
aber gebogen ist. Diese Lamellen tragen Platincontacte, welche im rechten Momente sich berührend, den Stromdurchfluss in den Spulen K reguliren. Dieser doppelte

Fig. 40.



Contact hat in der Praxis eine grosse Wichtigkeit, weil, nachdem einer der Contacte immer etwas verspätet nach dem andern ist, der Unterbrechungsfunke sich

Fig. 41.

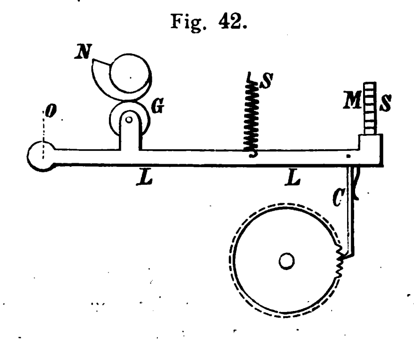


immer auf demselben Punkte zeigt, und der andere Contact immer rein bleibt, was für die Continuität des Betriebes eine Garantie ist.

Der Ampère-Messer (Fig. 41, 42 und 43) besteht 1. aus einer fixen länglichen Spule B, in deren Innerem ein

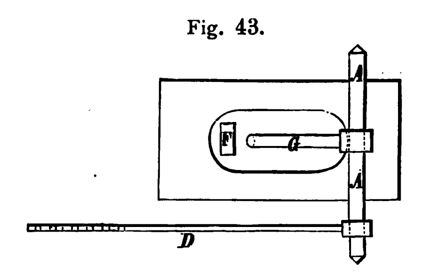
Stück weiches Eisen *F* angebracht ist, 2. aus einem hohlen leichten Anker *D* aus weichem Eisen, drehbar um die Achse *A*, und 3. aus einer Abreissfeder *R*. Wenn der Strom durch den Apparat geht, magnetisirt er die

Fig. 42.



beiden Stücke *F* und *G*, in beiden gleiche Pole herstellend, welche sich gegenseitig abstossen und zwar mit einer Kraft, welche der Stromstärke proportional ist.

Fig. 43.



In dem Messer ist die Uebertragung der Bewegung des Ampère-Messers eine directe, aber die Amplitude ist regulirt durch einen Sector *S*, welcher auf der Achse des Ampère-Messers so angebracht ist, dass diese Amplitude proportional zur Intensität werde. Der obere Theil

der Uhrwerkachse trägt einen konischen Kamm *N*, von welchem vier Zehntel des Umfanges in Spirale geschnitten sind. Bei jeder Schwingung treibt dieses Rad eine Rolle *G* an, welche sich auf dem Hebel *L* befindet. Der letztere schwingt um den Punkt *O* und wird durch die Abreissfeder *S* auf seinen Platz zurückgeführt. Der Hebel *L* stösst auf den gezahnten Sector *M* und der von ihm beschriebene Weg ist proportional zur Intensität.

Ein anderer Messer Cauderay's (v. J. 1883) wird folgendermaassen beschrieben:*) Der Zeiger des Ampère-Messers schwingt über einem Cylinder, welcher durch ein Uhrwerk angetrieben wird. Der Cylinder trägt auf seiner Oberfläche Stifte aus Stahl oder Platin, welche alle dieselben Dimensionen haben. Die Oberfläche des Cylinders ist in mehrere Partien getheilt, welche den Schwingungen des Zeigers entsprechen. Wenn der Zeiger auf Null steht, befindet er sich gegenüber dem Theil des Cylinders, welcher keine Stiften trägt; wenn er schwingend z. B. 3 Ampère zeigt, wird er sich der dritten Theilung des Cylinders gegenüber befinden, auf welcher sich drei Stifte befinden. Jede Umdrehung des Cylinders wird also drei Contacte herstellen, und jeder Contact wird durch ein Zählwerk einregistrirt. Und so fort: Jeder Ampèrezahl entspricht eine proportionale Ablenkung des Zeigers, welcher sich vor einen entsprechenden Theil des Cylinders hinstellt und dort ebensoviele Contactstifte vorfindet, als er Ampères anzeigt.

Der Verbrauchsmesser Jacquemier's besteht in der Hauptsache aus einem Ampère-Messer, dessen Zeiger die Form eines Kreissectors hat. Durch eine

*) Dictionnaire d'électricité par Dumont.

Spiralfeder wird dieser Zeiger fortwährend auf Nullpunkt gehalten, solange kein Strom den Apparat durchfliesst. Je nach der Intensität des zu messenden Stromes begibt sich der Zeiger aus seiner Ruhelage nach rechts. Ein immer gehendes Uhrwerk löst alle fünf Minuten einen Stift aus, welcher vertical nach abwärts geht und auf den Zeiger aufstösst. Je nach der Stellung des letzteren ist der von dem Stift beschriebene Weg ein längerer und kürzerer, und wird diese wechselnde Distanz von dem Zählwerk einregistrirt. Nach geschehener Registrirung kehrt alles wieder in die Ruhelage zurück. Dieser Verbrauchsmesser hat den Vortheil, den ganzen Strom zu messen und nicht einen Theilstrom, wie so viele andere; einer seiner Nachtheile ist das immer gehende Uhrwerk, das leicht zu irrigen Lesungen Anlass giebt.

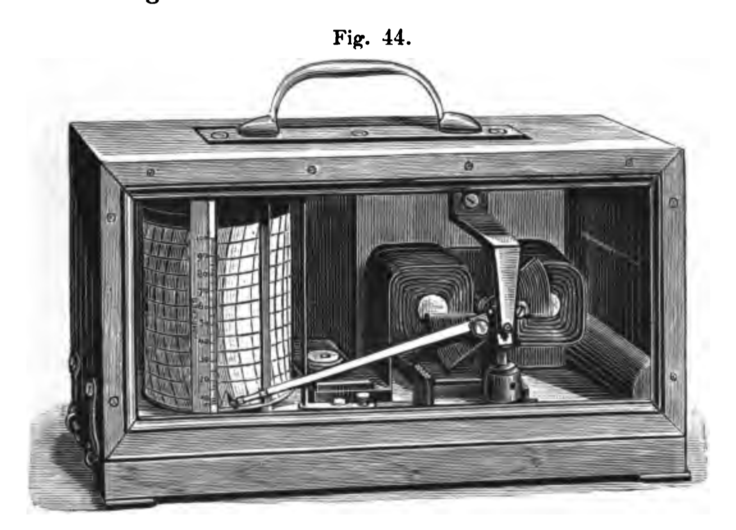
An Stelle des im Hauptpatente angemeldeten excentrischen Sectors wendet Jacquemier in neuerer Zeit einen geraden Arm an, welcher mit dem Anker verbunden ist. Ferner sind in das die Verschiebung des Stiftes bewirkende Getriebe zwei in einander greifende unrunde (d. h. nicht kreisförmige) Räder eingeschaltet. Die Linie, nach welcher diese Räder gestaltet sind, ist derart gewölbt, dass die durch das Getriebe der Taste hervorgerufene Bewegung des Zählers jedesmal proportional dem Wege ist, welchen die Taste von ihrer Anfangsstellung bis zur Berührung mit obigem Arm zurücklegt.*)

Der Richard'sche Messer (Fig. 44) ist ein gewöhnlicher Ampère-Messer, auf dessen Zeiger sich eine

*) Elektrotechnische Zeitschrift, S. 149. 1890.

Feder befindet, welche die Variationen des Stromverbrauches auf eine von einem Uhrwerk getriebene endlose Papierrolle einträgt. Der Apparat ist sehr praktisch und erfordert wenig Beaufsichtigung. Ein Uebelstand ist das Versagen der Feder, in welcher die Tinte zeitweilen eintrocknet. Durch robustere Construction kann diesem Uebelstande abgeholfen werden.

Fig. 44.

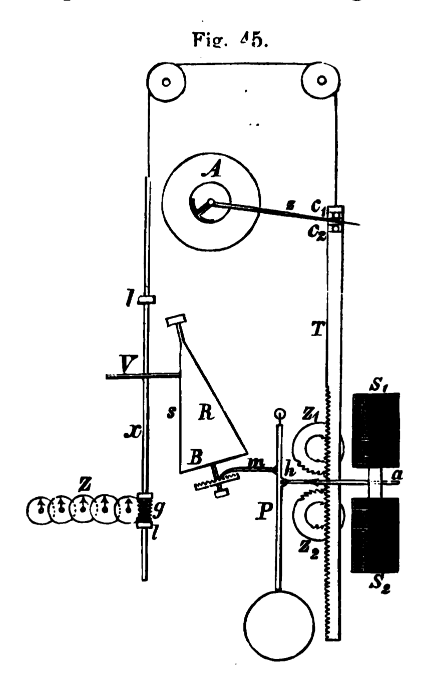


Irish combinirt einen Verbrauchsmesser mit einem Regulator. Derselbe besteht aus einem Solenoïd, welches von dem zu messenden Strome durchflossen wird. Der Eisenkern des Solenoïds, welcher je nach der Intensität eingesaugt oder ausgestossen wird, trägt seine Variationen mittelst eines Schreibstiftes auf eine Rolle endlosen Papieres ein. Das andere Ende des Kernes, zu einem Kolben ausgebildet, regelt durch Verdrängung von Quecksilber den Widerstand im Hauptstromkreise und

erhält demzufolge constante Potentialdifferenz in den abgezweigten Lampenleitungen.

Einstein's Verbrauchsmesser*) besteht (Fig. 45) aus einem Ampère-Messer, dessen Zeiger zwischen zwei

Fig. 45.



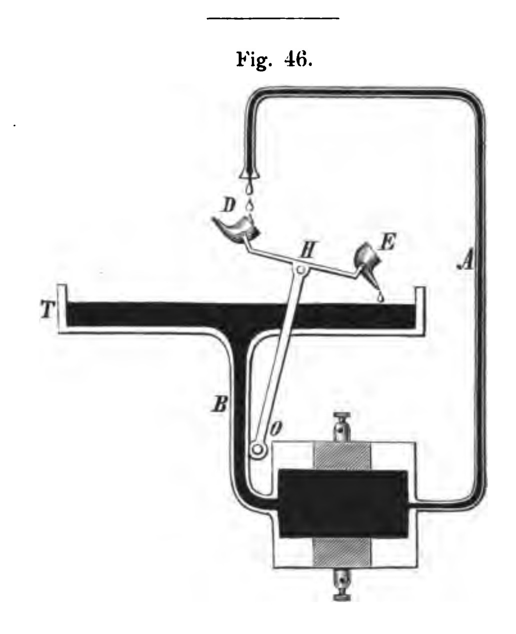
Contactpunkten c_1 c_2 schwingt. Je nachdem der Zeiger nach rechts oder links geht, wird durch die Contactpunkte in zwei Solenoïden S_1 S_2 der Kreis eines Theilstromes geschlossen. Zwischen diesen beiden abwechselnd

*) Siehe »Neueste Erfindungen und Erfahrungen auf den Gebieten der prakt. Technik, Elektrotechnik u. s. w. XVII. Jahrg., 10. Heft. A. Hartleben's Verlag. Wien, Pest, Leipzig.

magnetisirten Solenoïden spielt ein Anker *a*, welcher hebend oder senkend auf ein schwingendes Pendel *P* einwirkt. Dieses Pendel bethätigt mittelst eines Mitnehmers *m* einen rotirenden Konus *R*. Parallel zu der einen Längsseite *s* des Rotationskörpers ist eine Achse *x* angeordnet, welche in den Lagern *l l* verschoben werden kann und mit der ein Zwischenrädchen *V* fest verbunden ist. Das Verbindungsglied *V* wird durch Reibung von dem Rotationskörper mitgenommen und dreht sich um so schneller, je mehr sich *V* der Basis *B* nähert. Die drehenden Bewegungen von *V* werden mittelst eines endlosen Getriebes *g* auf ein Zählwerk *Z* übertragen. Je nachdem nun *V* gehoben oder gesenkt wird, wird sich *V* und damit das Zählwerk langsamer oder schneller drehen. Um die Stellungen des Reibungsrädchens *V* und damit die Angaben des Zählwerkes *Z* genau entsprechend der Stromstärke zu machen, dient folgende Einrichtung. *V* ist durch eine über zwei Rollen laufende Schnur mit einer Zahnstange *T* verbunden, welche die erwähnten Contacte c_1 c_2 trägt. Zwischen diesen Contacten spielt der Zeiger *z* des Ampèremeters *A*. Der vorhin erwähnte Anker *a* bildet die Führung eines an der Pendelstange *P* in einem Charnier befestigten Schubhebels *h*, welcher infolge der Pendelschwingungen hin- und hergehende Bewegungen macht. Stellt nun *z* bei stärkerem oder schwächerem Strom bei c_1 oder c_2 Contact her und wird dadurch *a* durch Kurzschliessen eines der beiden Solenoïde S_1 S_2 in das nicht kurzgeschlossene eingezogen, so wird gleichzeitig *h* gehoben und kommt dadurch vermittelst eines Stosszahnes entweder mit dem Zahnrade Z_1 oder Z_2 in Eingriff. Die Zahnräder werden dann bei

jedesmaligem Pendelhube um einen Zahn weitergeschoben. Z_1 und Z_2 übertragen ihre Bewegungen und zwar in entgegengesetzter Weise auf die Zahnstange T, so dass dieselbe von Z_1 aufwärts, von Z_2 abwärts bewegt wird. Die Bewegungen der Zahnstange werden dann wiederum auf das Verbindungsglied V übertragen.

Fig. 46.



VIII.

Der Messer Lippmann's (Fig. 46) besteht aus einem Behälter aus Glas oder Mica von geringer Dicke (0·3 Mm.), welcher mit Quecksilber gefüllt wird, so dass dasselbe sich in Form einer äusserst dünnen Schichte vorfindet. Dieser Behälter befindet sich in einem

starken magnetischen Felde. Auf jeder Seite der Quecksilberschichte über und unter derselben befinden sich zwei Platinlamellen, welche den Hauptstrom einführen. Der Behälter bildet den horizontalen Theil eines in U-Form gebogenen Rohres. Sobald der Stromkreis im Apparat geschlossen ist, erhebt sich das Quecksilber in dem Arm *A* und senkt sich in *B* und ist die derart hervorgebrachte Niveaudifferenz proportional zur Stromintensität.

Wenn zwischen den verticalen Armen *A* und *B* eine Verbindung hergestellt wird, so wird zwischen beiden Armen ein stetiges Kreisen des Quecksilbers stattfinden, welches um so schneller sein wird als der Strom stärker wird, so dass die Quantität des Quecksilbers, welche in einer bestimmten Zeitperiode den Apparat durchflossen hat, proportional ist zur Anzahl der Coulombs. Ein besonderer Mechanismus gestattet es, die Quantität des abgeflossenen Quecksilbers einzuregistriren.

Das Quecksilber, anstatt direct in den anderen Arm des U-förmigen Rohres zu fallen, fällt in einen beweglichen Behälter *D*. Sobald derselbe voll ist, kippt er über, leert seinen Inhalt in den Arm *B*, welcher mit einem Teller *T* versehen ist. In demselben Momente stellt sich ein anderer Behälter *E* unter das abfliessende Quecksilber und kippt, wenn er voll ist, ebenfalls um Durch dieses Umkippen wird der Stange *OH* eine schwingende Bewegung ertheilt, welche von einem Zählwerk einregistrirt wird*).

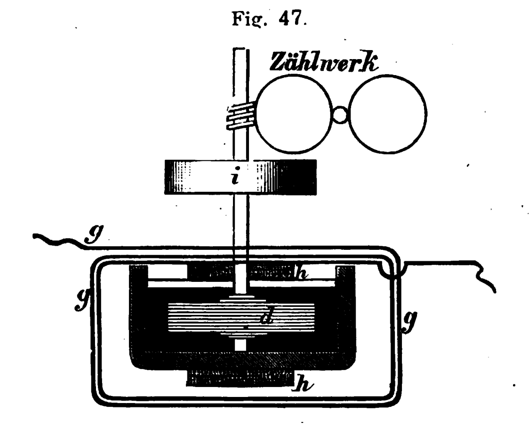
Ferranti's Messer für Wechselströme (Fig. 47)**)

*) Dumont, Dictionnaire d'électricité.

**) Lumière électrique XXXIV, Nr. 48 u. 52.

besteht im Wesentlichen aus einer Lamellen-Scheibe *d*, welche in Quecksilber eintaucht. Auf der Achse der Scheibe befindet sich als Gegenkraft gegen die Bewegung des Quecksilbers eine schwere Masse *i*. Das Ganze, Scheibe und Quecksilberbehälter, ist umgeben von zwei gekreuzten Wickelungen *h* und *g*. Die Wickelung *g* wird von den zu messenden Wechselströmen durchflossen, während *h* blos einen constanten Theil dieser Ströme

Fig. 47.

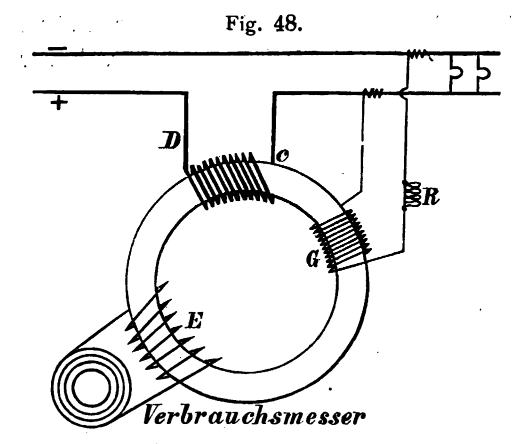


aufnimmt. Die Achse der Scheibe steht mit einem Zählwerk in Verbindung.

Ferranti setzt seinen Messer nicht in directe Verbindung mit dem Hauptstrom, sondern in den secundären Stromkreis eines Transformators, durch dessen primäre Wickelung ein Pol des Hauptstromes geht. Dieser Transformator (Fig. 48) trägt ausserdem noch eine andere primäre Wickelung, welche von beiden Polen des Hauptstromes abgezweigt und mit einem Widerstand versehen ist, und welche als Compensator wirkt. Wenn

die Intensität des Stromes in D schwach ist, vermehrt der Compensator G die Magnetisirung des Transformators und beschleunigt den Messer; nimmt aber die Stromintensität in D zu, so inducirt er in G einen Strom, welcher jenen von E abschwächt und den Messer verhindert, sich zu überhasten. Der Widerstand R dient dazu, die Wickelung G auf genaue Compensation einzureguliren.

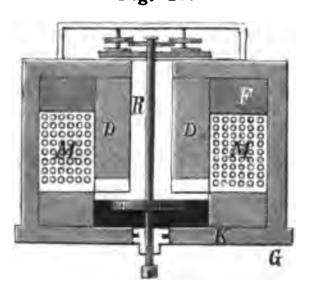
Fig. 48.



Ferranti's Messer wird von Prof. Forbes folgendermassen beschrieben: Dieser Messer ist auf dem Principe aufgebaut, dass, wenn ein elektrischer Strom eine Flüssigkeit durchgeht, welche sich in einem magnetischen Raume befindet, die Flüssigkeit sich in einer perpendiculären Richtung zum Strome und zur magnetischen Wirkung zu drehen versucht. In Fig. 49 sehen wir eine eiserne Säule D in der Mitte ausgehöhlt, in welcher sich eine Achse befindet, an deren oberem Ende ein Mechanismus angebracht ist, welcher das Zählwerk bethätigt.

Dieser centrale Eisencylinder ist von Spulen *M* umgeben, welche in der Figur im Querschnitt gezeigt sind, und das Ganze ist von einem eisernen Gehäuse *G* umgeben. Wenn nun ein Strom durch diese Wickelung geht, haben die centralen Theile eine Polarität, sagen wir »Nord«, während das Gehäuse eine andere Polarität, d. h. »Süd« annimmt. In dem magnetischen Felde befindet sich eine Quecksilberschichte, in welcher ein an der Achse *R* befestigter sehr leichter Flügel taucht. Ferranti hat viel Versuche angestellt, bevor er die

Fig. 49.



günstigste Form und Querschnitt für genaue Lesungen fand. Der Strom tritt bei *K* ein, kreist in dem Quecksilber, das magnetische Feld durchkreuzend. Hierauf geht er in die Spulen, welche den Cylinder umschliessen, und verlässt dann den Messer. Demzufolge ist das Quecksilber von einem Strom durchflossen, welcher von seinem Mittelpunkte zur Peripherie geht, und nachdem es sich in einem magnetischen Felde befindet, sucht es sich im rechten Winkel zur magnetischen Einwirkung zu drehen, und zwar auch im rechten Winkel zur Stromrichtung. Das heisst, die Flüssigkeit sucht sich um die centrale

verticale Linie zu drehen, und hiedurch setzt es den Flügel und die Achse in Bewegung. Die im Nebenschluss liegende Spule wird angewendet, um dem Magnetfelde einen Initialwerth zu geben, welcher vom Strom unabhängig ist und die aus der Reibung des Flügels entstehenden Ablesungsfehler corrigiren soll.

Die Original-Apparate waren für Gleichströme gebaut, und die Magnete waren blos von einem Bruchtheile des zu messenden Stromes erregt, so dass der Magnetismus der Stromintensität proportional war. Nun ist die drehende Kraft proportional zum Magnetismus und ist auch proportional zum Strome, welcher das Quecksilber durchfliesst, und nachdem der Magnetismus proportional zum Strome ist, folgt daraus, dass die drehende Kraft mit dem Quadrat der Stromintensität variirt, und dass endlich die Reibung der Flüssigkeit annähernd mit dem Quadrate der Drehungsgeschwindigkeit variirt. Es ist daher zu folgern, dass die Geschwindigkeit der Strommenge proportional sein wird.

Natürlich sind diese Folgerungen nur annähernde. Die Reibung des Zählwerkes ist nicht proportional zum Quadrate der Geschwindigkeit, und dies ändert das Endresultat.

Der Messer wird auch für Wechselströme gemacht und wird durch Hinzufügung eines Nebenschlusses von sehr hohem Widerstande empfindlicher gemacht. Dieser Nebenschluss ist mit den Lampen parallel geschaltet auf den Leitern, welche der Anlage den Strom zuführen.

Sowohl Edison als Weston haben schon früher einen ähnlichen Apparat ausgearbeitet, haben ihn aber als unpraktisch wieder aufgegeben. Als Hauptschwierig-

keit wurde angesehen, dass Quecksilber für einen permanenten Contact unbrauchbar sei. Man fand, dass sich das Quecksilber mit einer Art Staub oder Schimmel bedecke, welche die freie Bewegung der drehenden Scheibe hindern. In Ferranti's Apparat soll das Quecksilber so gereinigt sein, dass eine solche schädliche Parasitenwirkung nicht vorkommt.

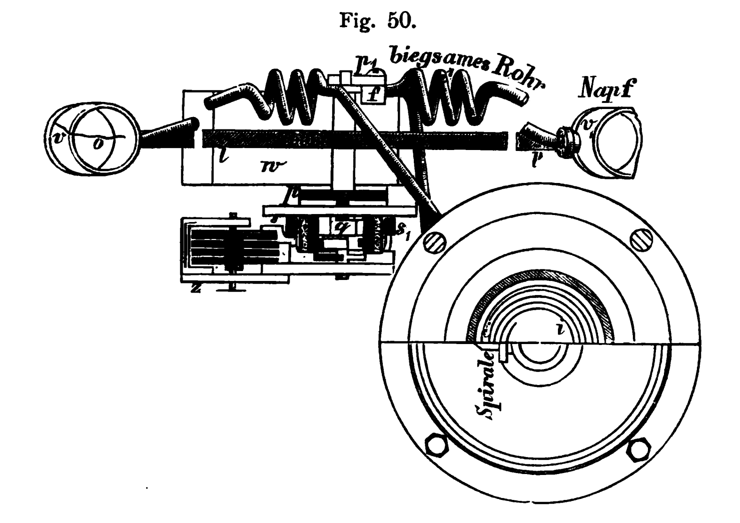
Crompton und **Kapp** haben beinahe identische Verbrauchsmesser construirt, doch sind dieselben nicht in die Praxis übergegangen.

Als grosser Uebelstand der Quecksilber-Rotations-Messer wird hervorgehoben die ausserordentlich grosse Rolle, welche die Reibung des Zählwerkes bei den Resultaten der Messung spielt. Es wird zwar das Zählwerk auf die kleinsten Dimensionen gebracht und auch der in das Quecksilber tauchende oder vielmehr auf demselben schwimmende Flügel wird sehr leicht gemacht, aber dies kann den organischen Fehler des Systems nicht ganz beseitigen.

Snowdon (Fig. 50) beschreibt einen Verbrauchsmesser, welcher auf dem Princip der elektro-magnetischen Rotationen oder auf dem Barlow'schen Rade beruht. Zwei Näpfe v und v^1 sind auf einem Hebel l angebracht, welcher auf dem Gestell p lagert. Die Näpfe sind mit einander verbunden durch eine continuelle Circulation von Quecksilber, welche von dem Napfe v nach der Spirale i geht. Von dem Aeusseren der Spirale i geht sie längs ihres Umfanges in das Innere derselben, von wo sie durch den biegsamen Schlauch ee^1 nach dem Napf v^1 zurückkehrt. Um i herum befindet sich ein Elektromagnet, welcher im Nebenschluss zum Haupt-

strom liegt und um die Spirale herum die Pole N und S bildet. Der zu messende Strom durchgeht in radialer Richtung vom Mittelpunkt zum Umfang die Spirale i, hernach in entgegengesetzter Richtung die Spirale i^1, und zwar vom Umfang zum Mittelpunkt in einer gewissen Richtung, von v nach v^1 zum Beispiel, je nach

Fig. 50.

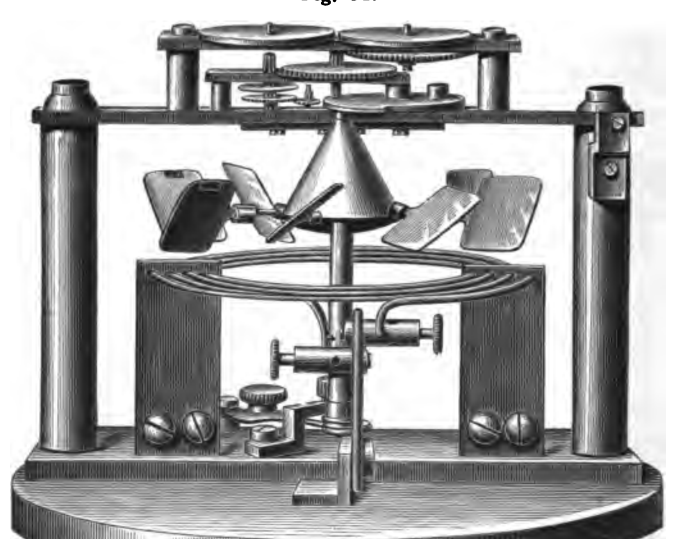


der Richtung des Stromes, und bringt hiedurch den Hebel l zum Ueberkippen.

An dem Hebel befindet sich ein Commutator, welcher mit seinen Schrauben ss' an ein Flügelrad q anstösst, auf welchem sich Platincontacte befinden. Mit Hilfe dieser Combination wird die Stromrichtung im Elektromagneten mit jeder Schwingung des Hebels umgekehrt. Dasselbe findet mit der Umdrehungsrichtung des Quecksilbers statt, so dass der Hebel l solange immerwährend schwingt,

als Strom durchgeht. Ein Gegengewicht auf dem Hebel macht die Schwingungen desselben proportional zur Stromstärke.

Fig. 51.



IX.

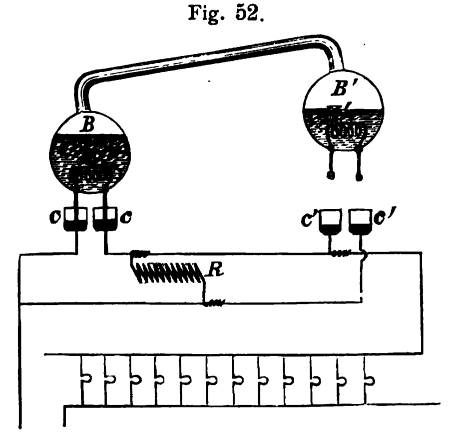
Der Messer von Prof. Forbes (Fig. 51), den er selbst »Windmühlmesser« nennt,*) besteht aus einem Drahte, welcher durch den Durchgang des Stromes erwärmt wird, hiedurch einen Luftzug erzeugt und die Windmühle drehen macht. Diese letztere besteht aus einer Scheibe aus Mica mit schiefen Flügeln aus dem-

*) Electrician, February 8. 1889.

selben Stoffe. Auf der Scheibe befindet sich ein gestutzter Conus aus Papier, auf welchem als Spitze ein Aluminium-Conus aufgesetzt ist. Dieser letztere bethätigt das Zählwerk. Der Messer wird in Amerika von der Westinghouse-Company für Gleichströme und zur Messung des für motorische Zwecke abgegebenen Stromes verwendet.

Ein anderer Verbrauchsmesser von Forbes benutzt die vom Strom entwickelte Wärme zur Verdampfung

Fig. 52.



der von einem Docht aufgesogenen Flüssigkeit; die durch Condensation des Dampfes erhaltene Flüssigkeitsmenge dient als Maass der Elektricitätsmenge.

Prof. Elihu Thomson (Fig. 52, 53 und 54) bedient sich der Wärmeentwicklung des elektrischen Stromes, um den beweglichen Theil seines Messers in Gang zu setzen. Der Apparat besteht hauptsächlich aus zwei hohlen Kugeln *BB'*, welche durch ein enges Rohr derart mit einander verbunden sind, dass die Flüssigkeit nur langsam durchfliessen kann. In den Kugeln ist je ein

geringer Widerstand $k k'$ eingelöthet. Die Kugeln sind gefüllt mit Alkohol und werden hermetisch geschlossen, sobald ihr Inneres mit den Alkoholdämpfen vollständig gefüllt ist.

Auf dem oberen Theile der mittleren Säule des Apparates befindet sich eine Schneide, auf welcher die Kugeln mit dem Rohr balanciren. Die Sache ist so angeordnet, dass sich der Schwerpunkt ausserhalb dem Aufhängungspunkte befindet. Es kann daher nie im Gleichgewichte bleiben, sondern muss sich je nach dem Gewichtsüberschusse bald auf die, bald auf die andere Seite neigen.

Die Enden der an den Widerständen angebrachten Drähte tauchen abwechselnd in die Quecksilbernäpfe $c c$ und $c' c'$, so dass, wenn B unten steht, blos die Spule K im Stromkreise ist und vice versa.

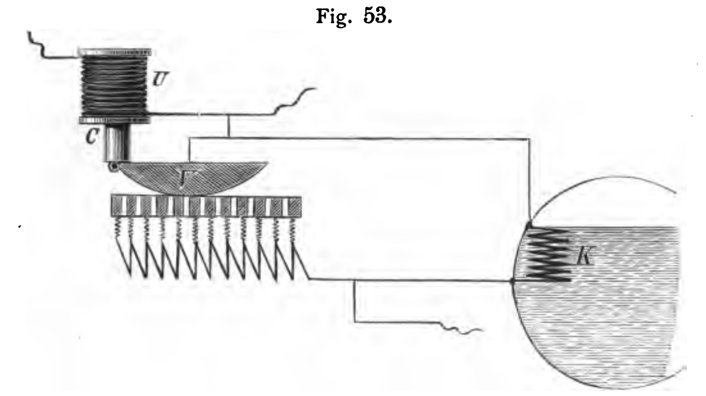
Sobald die Drahtenden von B in das Quecksilber eintauchen, geht der Strom durch den Widerstand k, erhitzt denselben und erwärmt den Alkohol. Hiedurch wird der Letztere durch das enge Rohr nach der anderen Kugel B' getrieben, und zwar in langsamer Weise. Sobald B' durch das Zufliessen des Alkohols das Uebergewicht erlangt hat, schnappt der Wagehebel auf die Seite von B'. Hiedurch wird der Contact in $c c$ gebrochen, jener in $c' c'$ aber hergestellt. Das Manöver wiederholt sich nun in B und so fort. Jede Bewegung des Wagebalkens wird von dem Zählwerk einregistrirt.

Was dieser Messer anzeigen wird, davon kann man sich im Vorhinein gar keine Vorstellung machen. Man kann voraussetzen, dass das Ueberkippen des Wagebalkens um so häufiger stattfinden werde, als der Strom

ntensiver ist. Die Indicationen des Messers können daher nur auf empirischem Wege bestimmt werden.*)

Damit die Proportionalität zwischen den Ablesungen und der Stromzeiteinheit hergestellt werde, glaubt Thomson sich nicht des ganzen zu messenden Stromes oder eines Theiles desselben bedienen zu müssen, sondern einer Stromabzweigung, welche sich beständig verändert, wie die Quadratwurzel des gelieferten Stromes.

Fig. 53.



Um dies zu erreichen, genügt es den Shunt *R* zu variiren.

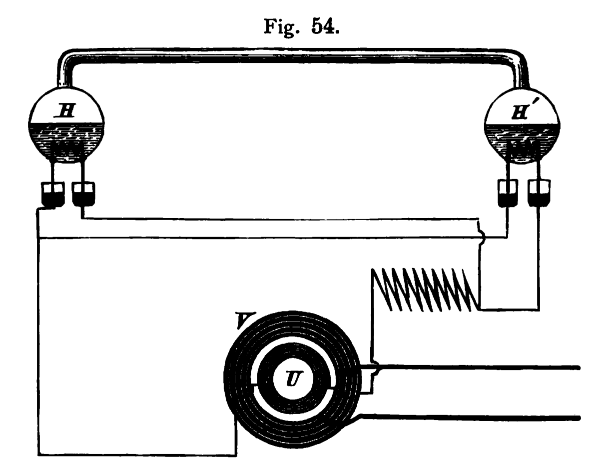
Der Hauptstrom geht immer (Fig. 53) durch das Solenoïd *U* und er entfernt je nach seiner Intensität den Contact *V*, welcher von dem Solenoïd *C* bethätigt wird, und zwar dermassen, dass *K* mit einem Widerstande parallel geschaltet wird, welcher je nach der Stellung des Contactes auf dem Widerstande, veränderlich ist.

Dieser Messer soll auch für Wechselströme angewendet werden (Fig. 54). Der Hauptstrom oder eine Abzweigung

*) Lumière électrique XXXII, Nr. 23.

desselben durchkreist die fixe Spule *V* und der in *U* inducirte Strom geht in die Kugeln, respective in die zu erhitzenden Drähte *HH'*. Die Spule *U* ist beweglich um ihre Achse, und hiedurch wird der Inductionscoëfficient der beiden Spulen variabel, so dass auch bei den Wechselströmen die Ablesungen proportional werden zur Quadratwurzel des zu messenden Stromes.

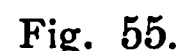
Fig. 54.

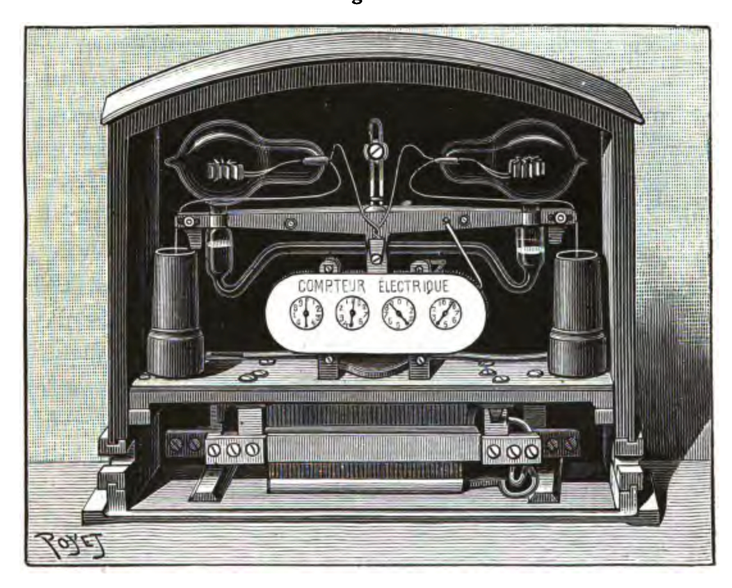


Ein Thomson'scher Verbrauchsmesser für Wechselströme wird von Hospitalier*) folgendermassen beschrieben: Der untere Theil des Apparates (Fig. 55) enthält einen kleinen Transformator, dessen primärer Stromkreis von dem zu messenden Hauptstrome durchflossen wird. Der secundäre Stromkreis dieses Transformators wird abwechselnd auf automatischem Wege durch zwei Platinblättchen geschlossen, welche sternförmig zusammengebogen und hermetisch in zwei Glaskugeln eingeschlossen

*) La Nature Nr. 861.

sind. Die Kugeln sind durch ein mit Glycerin gefülltes horizontales Glasrohr mit einander verbunden. Nachdem der im secundären Kreis entwickelte Strom proportional zum primären Strome ist, wird die Wärmemenge, welche in den Platinblättchen während einer Zeiteinheit ent-


Fig. 55.



wickelt wird, proportional zum Quadrate des primären Stromes sein. Diese Wärme entwickelt sich jedesmal blos in einer der Kugeln, dehnt die in ihr enthaltene Luft aus, treibt das Glycerin in die entgegengesetzte Kugel und bringt den Wagehebel zum Umkippen. Hierauf geht der Strom in das Platinblättchen der anderen Kugel und der eben beschriebene Vorgang hat wieder statt.

Gustav Pfannkuche in Cleveland beschreibt seinen Messer folgendermassen: Der Apparat ist auf die Thermobatterie (thermopile) basirt. Die Thermobatterie oder Thermospirale wird erhitzt durch die Wärme, welche durch den in ihr circulirenden Hauptstrom hervorgebracht wird, und wird der durch Wärme in der Thermobatterie entstehende secundäre Strom durch ein galvanometrisches Instrument gemessen. Die Thermobatterie spielt also die Rolle eines Transformators, indem der zu messende Strom in ihr gewissermassen als primäre Wickelung functionirt und der in der Thermobatterie entwickelte als secundärer Strom anzusehen ist. Je nach der Intensität des Stromes variirt auch die von ihm hervorgebrachte Wärme und folglich auch der entwickelte secundäre Strom, welcher gemessen und durch ein Zählwerk einregistrirt wird. Nachdem es bekannt ist, dass die Potentialdifferenz einer Thermosäule für ein gegebenes Material und Construction blos von den Temperaturunterschieden ihrer alternirenden metallischen Verbindungen abhängt, müssen die Ablesungen des beschriebenen Instrumentes immer correct sein, ob nun die äussere Temperatur hoch oder niedrig ist.

Milton E. Thompson in Boston construirt einen Messer, in welchem die durch irgend eine Weise hervorgebrachte Erwärmung proportional ist zu der zu messenden elektrischen Energie. Ein Theil der hervorgebrachten Wärme, geht, wie in Pfannkuche's Messer, durch eine thermo-elektrische Batterie, bringt in derselben einen continuirlichen Strom hervor und dieser letztere Strom wird durch eine elektrolytische Zelle gemessen. Derselbe Thompson lässt sich auch einen Messer paten-

tiren, in welchem eine irgendwie durch Widerstände hervorgebrachte Erwärmung durch einen Differential-Thermometer gemessen wird, welch' letzterer von der Expansion eines Gases oder einer Flüssigkeit abhängt und die Schwankungen automatisch einregistrirt.

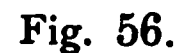
Barber Starkey's Verbrauchsmesser besteht aus zwei mit Flüssigkeit gefüllten Kesseln, deren einem die Stromwärme zugeführt wird, welche Verdampfung verursacht. Aus der Differenz der beiden Flüssigkeitsvolumina soll dann auf die hindurchgegangene Elektricitätsmenge geschlossen werden.*)

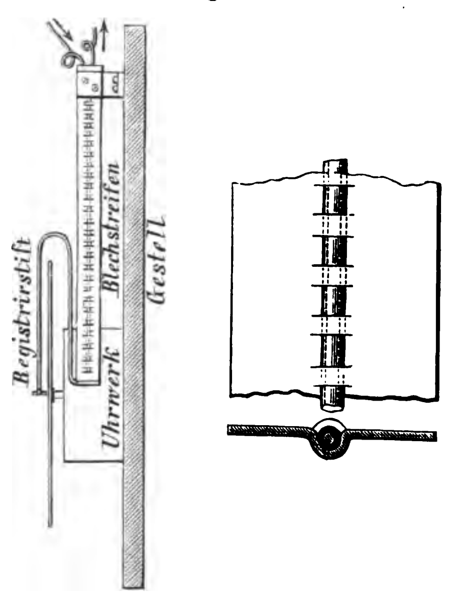
Geyer und **Bristol** benützen die ungleiche Ausdehnung zweier gekrümmter Blechstreifen aus demselben Metall, welche sehr ungleiche Radiationsoberfläche haben, um dieselbe einzuregistriren. Die Indicationen, welche proportional zum Quadrate der Stromintensität sind, werden auf einem sich gleichförmig abrollenden Papier eingetragen. Der Apparat, welcher diesem Messer zunächst gleichkommt, ist Roïti's Elektrocalorimeter. Geyer nahm zuerst einen Streifen von Neusilber, an dessen eines Ende er einen Neusilberdraht anlöthete; der Draht lag über dem Blech, durch ein Glimmerplättchen davon isolirt. Der Strom floss also durch Blech und Draht hintereinander und machte den Blechstreifen mehr oder weniger convex. Bristol führte einen Streifen von Blech ein (Fig. 56), den er in der Mitte mit einer Zahl kurzer paralleler Schnitte versah, welche den Rand unversehrt liessen; das Blech konnte so abwechselnd nach oben und unten ausgebogen und in den hohlen

*) S. Fortschritte der Elektrotechnik 1888, S. 695.

Raum Drahtstäbchen eingesteckt werden; durch Asbest sind beide von einander isolirt.

Cutler in Newton, Mass. benützt zwei Drähte von gleichem Material, Durchmesser und Länge. Blos einer der Drähte wird von dem Strom durchflossen, von dem-


Fig. 56.

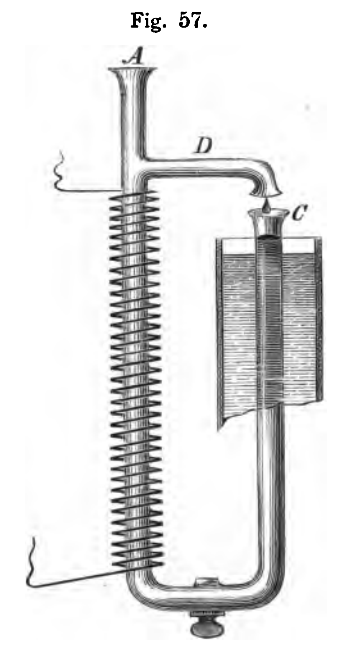


selben erwärmt und stosst in seiner Expansion an einen Klinker, welcher das Zählwerk in Bewegung setzt.

Wagner benützt in seinem Verbrauchsmesser die Biegung, welche ein System zweier von einander isolirter Metallstreifen beim Auftritt von Stromwärme in einem derselben erfährt. Wird der obere Streifen erwärmt, so biegt sich das System nach unten; hiedurch

tritt ein Commutator in Thätigkeit, der nun den Strom in den unteren Streifen leitet. Der Streifen biegt sich nach oben u. s. w. Die Zahl der Wechsel wird auf ein Zählwerk übertragen.*)

Fig. 57.



Raab hat folgenden Messer ausgedacht. Zwei Spiralen, welche durch eine gleichförmige Umhüllung mit Asbest in gleicher Entfernung von einander gehalten werden, bestehen aus dünnem breiten Blech von grosser Länge. Dieselben werden durch den Strom erwärmt. Das Ganze befindet sich in einem luftdichten, gut isolirten Behälter eingeschlossen, der zwei Oeffnungen hat. Durch die Erwärmung der Spiralen entsteht ein Luftzug, welcher einen Anemometer in Bewegung versetzt. Ein Tourenzähler registrirt die Anzahl der Umdrehungen ein, welche proportional zur Erwärmung und zur Stromintensität sein sollen.

Smith hat folgenden Messer (Fig. 57) vorgeschlagen: Eine U-förmige Röhre trägt an ihrem oberen Ende einen Ausflusshahn und unten an der Biegung einen Verbindungshahn. Ein Arm *A* der Röhre ist mit

*) S. Fortschritte der Elektrotechnik 1888, S. 696.

einem Draht umwunden, durch welchen der zu messende Strom geht, der andere Arm C wird durch eine stetige Wassercirculation in constanter Temperatur erhalten. Das Rohr wird mit Mineralöl so gefüllt, dass etwa noch ein Centimeter vom Rande des Rohrendes C fehlt. Sobald der Strom den Draht durchkreist, erwärmt er denselben. Die Flüssigkeit dehnt sich durch die mitgetheilte Temperaturerwärmung aus und fliesst durch den Ausflusshahn ab. Ein Zählwerk wiegt die fallenden Tropfen, bevor sie in C zurückfallen, und giebt eine der Stromintensität proportionale Indication.

Thélin's Verbrauchsmesser besteht aus einem System kreisförmig angeordneter, elastischer Blechdosen, die je einen in den Stromkreis einer Lampe eingeschalteten Widerstand in einer flüchtigen Flüssigkeit enthalten. Die Deckel der Dosen tragen Stifte, welche bei Erwärmung des Widerstandes durch die auftretende Ausdehnung der Büchse gehoben werden; hierbei treffen sie auf eine Schiebklinke, die an einem über den Büchsen gleichmässig horizontal rotirenden Arm befestigt ist, und die dann ihre Bewegung auf ein Zählwerk überträgt.*)

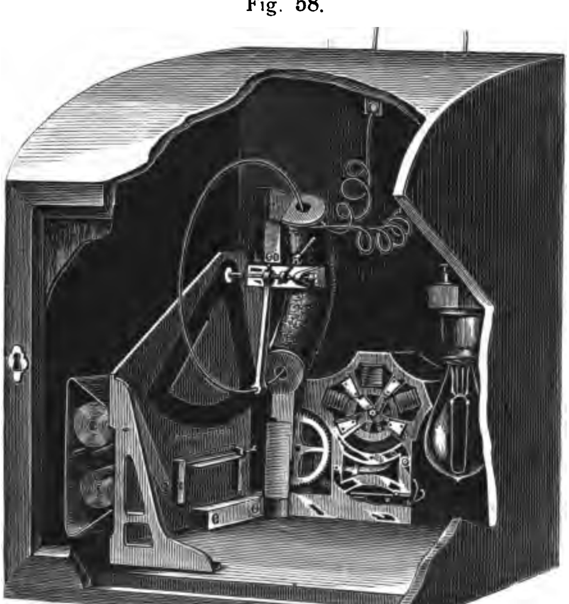
X.

Walker's Verbrauchsmesser (Fig. 58) ist eine Anwendung eines alten Principes: der photographischen Registrirung von Galvanometer-Spiegelungen. Die Photographie ist schon lange Zeit im Gebrauch für registrirende Instru-

*) Siehe Fortschritte der Elektrotechnik, 1888, Seite 164.

mente, besonders für jene, welche continuirliche Aufzeichnungen über Erdmagnetismus und atmosphärische Elektricität liefern. Die drei Hauptbestandtheile des Walker'schen Messers sind: der Ampère-Messer, die Lichtquelle und das empfindliche Band (oder Streifen),

Fig. 58.



welches die verschiedenen Ablenkungen des Ampère-messer-Zeigers fixirt.

Der Ampère-Messer hat die bekannte Form eines gekrümmten Solenoïds, in welcher ein weicher Eisenkern in Form eines dünnen Drahtes den beweglichen Kern bildet. Der Zeiger des Ampère-Messers hat in diesem

Falle die Form eines Kreistheiles, welcher aus schwarz bemaltem Aluminium hergestellt ist. In dem Kreistheil befindet sich ein dünner Spalt, welcher das Licht durchlässt. Dieser Spalt registrirt die Position des Kreistheiles auf dem empfindlichen Bande ein.

Die Ampèrestunden werden von dem Instrument in Form einer Curve auf das empfindliche Band eingetragen. Die Horizontal- und Querlinien, in welchen sich diese Curve bewegt, werden ebenfalls auf photographischem Wege eingetragen.

Die Horizontallinien, d. h. die mit der Längsseite des Bandes parallel laufenden Linien bezeichnen die Einheiten der Ampères. Die Querlinien, d. h. die mit der Breite des Bandes parallel laufenden Linien, oder, wenn man will, die Ordinaten, bezeichnen die Stunden.

Vorläufig beschäftigen wir uns damit, wie die Horizontallinien oder Abscissen auf photographischem Wege auf das Band eingetragen werden.

Ein Uhrwerk wickelt das Band regelmässig ab. Ein kleiner Elektromotor zieht das Uhrwerk regelmässig jede Stunde auf, damit die Bewegung des Bandes eine äusserst gleichförmige bleibe.

Das sensitive Band befindet sich in einer vom übrigen Messer hermetisch abgesonderten Dunkelkammer. In die Wand dieser Dunkelkammer ist ein mit der Achse des Uhrwerkes und also auch mit der Breite des Bandes parallel laufender Spalt eingeschnitten (Fig. 59), welcher das Licht auf das Band durchscheinen lässt.

Gewöhnlich ist dieser lichtdurchlassende Spalt durch einen Schieber verschlossen. Sobald aber eine Stunde schlägt, erhellt sich das Innere des Verbrauchsmessers

(mit Ausnahme der Dunkelkammer) durch eine innen angebrachte Glühlampe, welche von dem laufenden Uhrwerk automatisch eingeschaltet wurde. Das Innere des Messers wird hell und der Schieber, welcher den Spalt in der Wand der Dunkelkammer verdeckt, schiebt sich bei Seite. Das Licht tritt durch den Spalt auf das neben

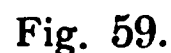
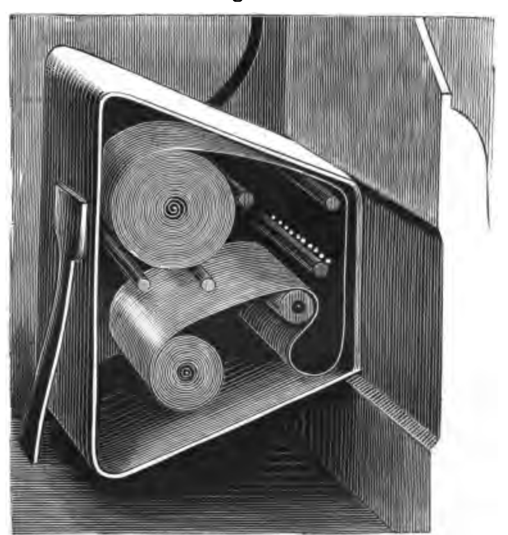


Fig. 59.



dem Spalt sich abrollende Band und zeichnet auf das Band eine dunkle Linie ein, welche eine Stunde bedeutet. Jede Stunde wiederholt sich dieser Vorgang und die Breite des Bandes bedeckt sich mit gleichmässig entfernten parallelen Linien, deren Zwischenraum einer Stunde Arbeit des Uhrwerkes gleichkommt.

In gleicher Zeit werden auch die Längslinien, welche die Ampères bezeichnen, auf das Band fixirt.

Ober dem Lichtschieber, welchen wir soeben beschrieben haben, befindet sich eine Anzahl Löcher in der Wand der Dunkelkammer, welche senkrecht auf die Stundenlinie stehen. Das Licht dringt durch diese Löcher und zeichnet auf das abrollende Band continuirliche Linien ein.

Die Curve der Ampèrestunden wird, wie schon gesagt, durch den Zeiger des Ampère-Messers eingetragen, welcher die Form eines Kreissectors hat. Derselbe schwingt vor der Wand der Dunkelkammer, in welche ebenfalls ein vom Sector verdeckter, dünner, kreisförmiger Spalt eingeschnitten ist. Der Sector trägt, wie gesagt, ebenfalls einen Spalt, welcher das Licht durchlässt, so dass die Position des Zeigers durch einen Punkt auf dem sensitiven Bande markirt wird.*)

XI.

Der Messer **Hookhams** (Fig. 60) vom Jahre 1889 besteht aus einer Scheibe, welche von dem zu messenden Strome durchflossen wird, und welche sich zwischen den Polen eines Elektromagneten bewegt, welch letzterer von einem Zweigtheil des zu messenden Stromes erregt wird und dessen magnetisches Feld also proportional ist zur elektromotorischen Erregerkraft. Die Bewegung der Scheibe findet statt, trotz des Widerstandes einer Bremse, welche aus einer Foucaultscheibe besteht und sich in einem unveränderlichen magnetischen Felde bewegt, das aus permanenten Magneten besteht. Die Ankerscheibe,

*) Electrical World, XV. Nr. 15.

welche sich zwischen den Polen des Elektromagneten bewegt, kann auch ein Rad sein, gebildet aus einzelnen Armen, die auf einer Ebonitnabe festgeschraubt sind und mit der Felge durch spiralförmige Bogen verbunden sind, so dass so viel als möglich die Foucault'schen

Fig. 60.



Ströme aufgehoben werden. Die Foucaultscheibe, welche sich in dem unveränderlichen Magnetfelde bewegt, ist aus Kupfer und setzt mittelst Schraube ohne Ende ein Zählwerk in Gang. Die permanenten Magnete sind aus Wolframstahl.

Die Theorie des Apparates ist die folgende: Innerhalb der Proportionalitäts-Grenzen ist die vom Motor absorbirte Energie:

$$T_M = e \,.\, I = K \,.\, E \,.\, n \,.\, I.$$

Hiebei bezeichnet I die Stromintensität und e die elektromotorische Gegenkraft des Motors, welche proportional der Geschwindigkeit oder Umlaufszahl (in der Minute) ist, und als proportional zu der vorhandenen (veränderlichen oder constanten) Spannung E angenommen werden kann. Andererseits absorbirt ein elektromagnetischer Dämpfer (Foucault-Scheibe), der sich in einem unveränderlichen Felde dreht, eine Energiemenge $T_D = K^1 . n^3$ Aus beiden Gleichungen folgt:

$$K^1 . n^2 = K . E . n . I \text{ oder } n - C . E . I.$$

Es ist also die Umdrehungszahl proportional der elektrischen Energie, oder für den Fall, dass E constant ist, proportional der Stromstärke.

XII.

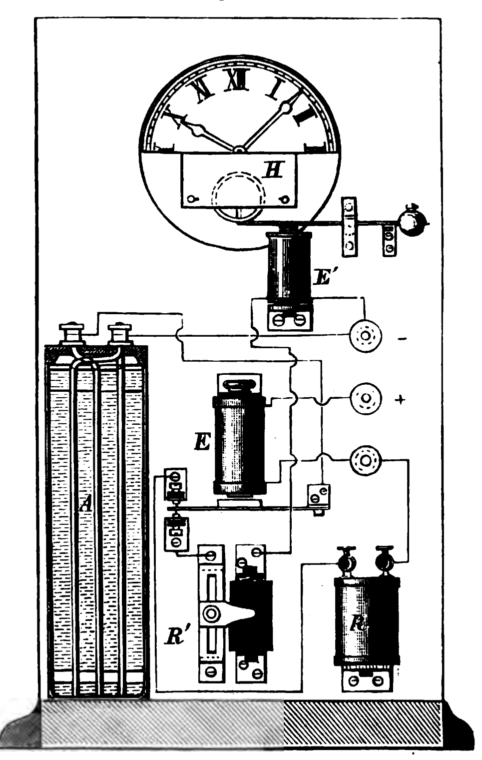
Sir **Charles Forbes** hat einen Messer (Fig. 61 und 62) angegeben, der nur theoretischen, aber keinen praktischen Werth hat.*) Der zu messende Strom geht durch einen Elektromagneten E, welcher, seinen Anker anziehend, einen Zweigtheil des Stromes durch einen Widerstand R in einen Accumulator A sendet, welcher sich ladet. Wenn der Strom aufhört, fällt der Anker des Elektromagneten zurück und sendet den Entladungsstrom des Accumulators durch den Widerstand R^1 nach dem Elektromagneten E^1. Dieser letztere giebt dann ein Uhrwerk frei, welches er einen der Ladung des Accumulators entsprechenden Zeitraum gehen lässt. Durch Experi-

*) Lumière électrique, XXXV, Nr. 12.

ment kennt man das Verhältniss des zu messenden Stromes zum Ladestrom des Accumulators und zur



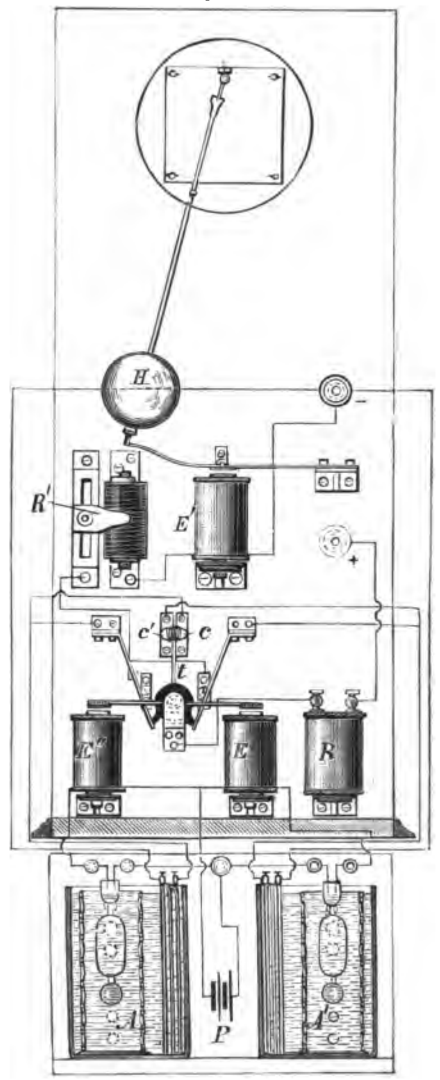
Fig. 61.



Intensität seiner Entladung, und die Zeit der Entladung giebt den Werth des gemessenen Stromes an.

Dieser Messer heisst »intermittirender Zähler«. Der »permanente Zähler« (Fig. 62) hat mit dem vorgenannten viel gemein. Er besitzt zwei Accumulatoren, von welchen

Fig. 62.



jeder einen Schwimmer hat, der in einem Quecksilbercontact endigt. Dieser Schwimmer erhebt sich nach Maass der Ladung des Accumulators und nach Zunahme der Dichtigkeit der Flüssigkeit.

Der Accumulator A ladet sich durch einen Theil des zu messenden Stromes, welcher durch den Widerstand R geht. Dies geschieht auf folgende Weise:

Der Accumulator A', welcher schon geladen ist, schliesst durch seinen emporgehobenen Schwimmer den Stromkreis eines Elektromagneten E, welcher von einer Zelle P erregt wird. Der Elektromagnet E zieht seinen Anker an und schickt einen Zweigtheil des zu messenden Stromes dadurch in den Accumulator A, dass er den Anker eines zweiten Elektromagneten E'' bewegt und so den Stromkreis auf A schliesst. In gleicher Zeit entladet sich der Accumulator A durch den Widerstand R^1 auf den Elektromagneten E', welcher seinen Anker anzieht und das Pendel des Zählwerkes freigiebt.

In demselben Maasse, als der Accumulator A' sich entladet, nimmt die Dichtigkeit seiner Flüssigkeit ab; der Schwimmer sinkt langsam und er unterbricht den Stromkreis der Zelle P auf den Elektromagneten E. Der Anker $E\,E''$ kehrt in seine horizontale Stellung zurück und öffnet den Stromkreis von A auf E', welcher, seinen Anker freilassend, das Zählwerk feststellt.

Während dieser Zeit ladet sich der Accumulator A. Wenn seine Flüssigkeit genügend dicht geworden ist, hebt sich der Schwimmer, schliesst den Stromkreis von P auf den Elektromagneten E'', welcher den Anker $E\,E'$, anziehend, den zu messenden Stromtheil nach A' schickt, während er zu gleicher Zeit den Stromkreis von E'

schliesst, welch letzterer das Zählwerk wieder in Gang setzt. Der Elektromagnet *E'* ist mit *A* und *A'* durch Contactpunkte *c c'* des Stiftes *t* in Verbindung. Der Stift ist solidarisch mit dem Hebel *E'' E*.

XIII.

Lucien Brillié's Energiemesser (Fig. 63). »Das Princip dieses discontinuirlich einregistrirenden Apparates besteht darin, mit Hilfe eines Uhrwerkes in regelmässigen Zeitabschnitten die Indicationen eines Torsions-Elektrodynamometers zu sammeln, welch letzterer dem Ende einer Feder Bewegungen ertheilt, deren Weite von einem Zählwerk einregistrirt werden.« Also wird dieser Verbrauchsmesser vom Fabrikanten beschrieben. Die Torsionsbewegung der Feder wird mittelst Hilfe eines elektromotorischen Apparates erhalten, dessen Bewegung durch einen Windmühlflügel regulirt wird.

Der Apparat besteht aus fünf Haupttheilen:

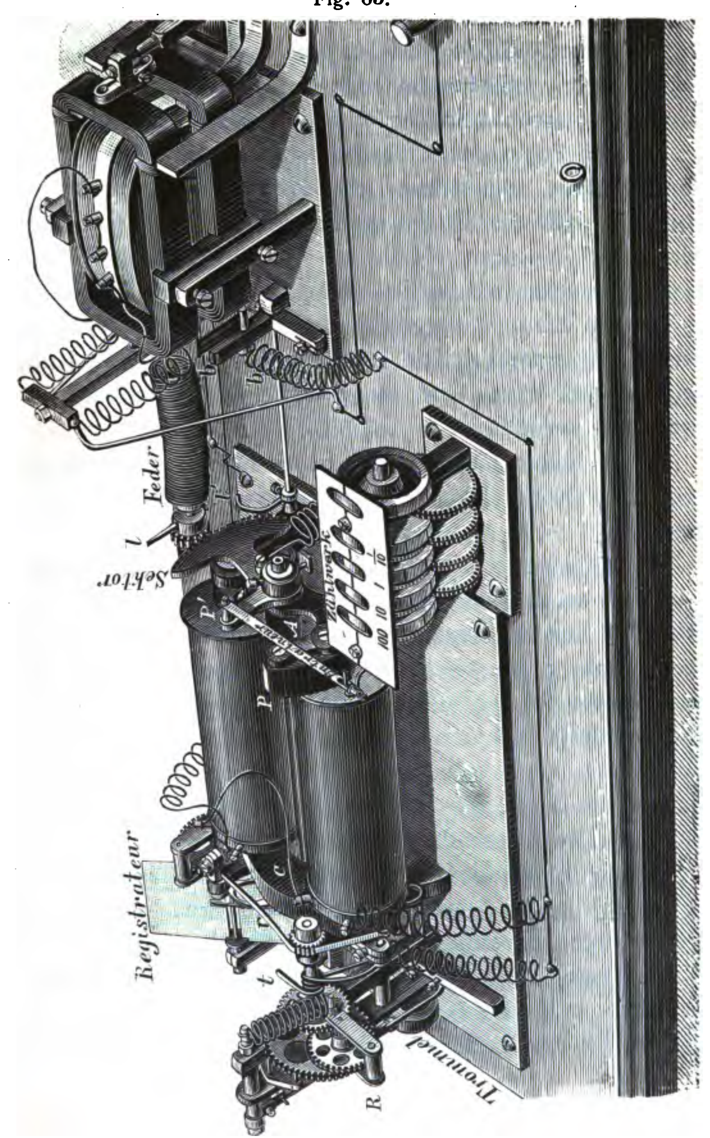
1. einem Elektrodynamometer;

2. einem Elektromotor, welcher den ganzen Apparat in Bewegung setzt. Nach jeder Messung zieht er das Uhrwerk auf und spannt die Feder des Elektrodynamometers, bis die bewegliche Spule desselben sich unter ihrer Wirkung aus ihrer Ruhelage begiebt;

3. einem Moderateur, welcher die verschiedenen Bewegungen regulirt;

4. einem Uhrwerk, welches die regelmässigen Zeitabschnitte zwischen den einzelnen Messungen bestimmt;

Fig. 63.



5. einem Zähler (numéroteur), welcher die Summe der Producte EI in periodischen egalen Zeitabschnitten einregistrirt, jedesmal in einer dem Drehungswinkel der Feder proportionalen Quantität vorwärts gehend.

Die Feder des Elektrodynamometers ist folgenden Bewegungen ausgesetzt: alle Minuten und periodisch begiebt sich das Ende der Feder aus ihrer Ruhelage, dreht sich langsam, bis die bewegliche Spule des Elektrodynamometers, welche von dem die festen Spulen durchgehenden Strom festgehalten wird, unter der Wirkung der Feder umkippt. Die Feder wird dann in ihre Ruhelage zurückkehren, wo sie durch eine Gegenfeder festgehalten wird.

Bei jeder Messung ist die Stromstärke durch den von dem Ende der Feder beschriebenen Winkel repräsentirt.

Die Summe dieser Winkel, welche einregistrirt wird, stellt die totale Energie vor, welche während der entsprechenden Zeit verausgabt wurde. Die Kräfte, welche auf die bewegliche Spule einwirken, sind einerseits proportional zur Grösse EI und andererseits proportional zu den Torsionswinkeln der Feder, folglich ist, wie der Erfinder behauptet, »der Apparat selbst im Principe proportional, indem die Spule dieselbe Lage einnimmt, welch immer auch die zu messende Stromstärke sei.«

Der Elektrodynamometer besteht aus zwei Rahmen, gebildet durch dickdrähtige Wickelungen, welche vom Hauptstrom durchflossen werden. Der bewegliche Theil des Apparates besteht aus einer Spule feinen Drahtes, welcher mit der Bewickelung des Elektromotors auf Spannung geschaltet ist, und welcher von einem Zweig-

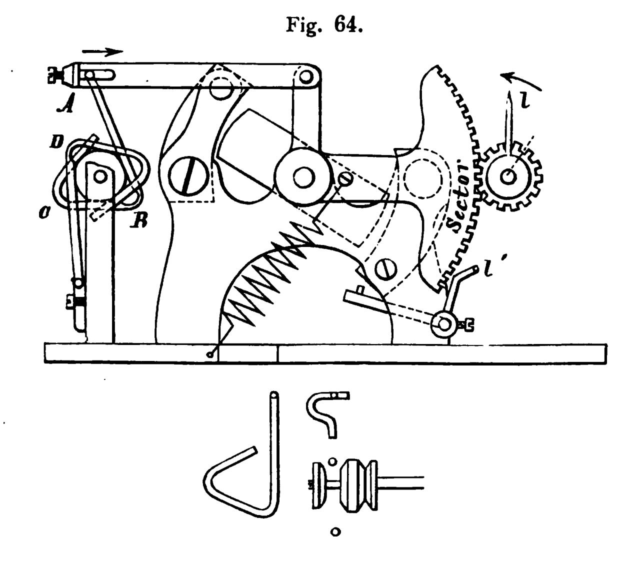
strom durchgangen wird. Die bewegliche Spule ist auf einer Spitze und einer Schneide aufgehangen, was ihren Schwingungen eine grosse Empfindlichkeit giebt. Zwei diametral entgegengesetzte Anschläge begrenzen die Schwingungen der Spule, deren Weite gerade genügend ist, um einen Contact *b b'* zu unterbrechen, und welche die Spule bei jeder Messung genau in derselben Position verharren machen.

Der Elektromotor hat die Bestimmung, die Bewegungen der Feder des Elektrodynamometers hervorzubringen und bei jeder Messung das Uhrwerk aufzuziehen, welches die Periodicität der Messungen bestimmt. Er besteht aus einem grossen Elektromagneten, welcher zwei Anker bethätigt. Der eine dieser beweglichen Anker *c* zieht das Uhrwerk auf und ist am Ende eines der Schenkel des Elektromagneten angebracht. Dieser Anker wird von dem Erfinder »culasse« genannt. Der zweite vom Elektromagneten angezogene Anker *A* dreht sich zwischen den gekrümmten Polenden *P P*, hierbei einen ziemlich grossen Winkel beschreibend. Diese Drehung wird durch einen gezahnten Sector und durch ein Kegelrad *l* auf das Ende des Dynamometers übertragen, dessen Drehungsgeschwindigkeit durch das Windmühlrad regulirt wird.

Der Moderateur besteht, wie gesagt, aus einem Windmühl- oder Flügelrad, welches die Torsionsgeschwindigkeit der Feder des Elektrodynamometers reguliren und constant erhalten soll, was nach dem Erfinder ermöglichen soll, die durch das Trägheitsmoment verursachte Verspätung in der Schwingung der beweglichen Spule als eine minimale, kaum zu berücksichtigende Grösse anzusehen.

Das Uhrwerk functionirt mittelst einer Trommel (barillet), deren Feder nach jeder Messung um ebensoviel wieder aufgezogen wird, als sie sich ausgedehnt hat. Die Achse der Trommel trägt einen Stift *t* und die Trommel selbst einen anderen Stift *t'*. Bei normalem Gang des Uhrwerkes wird der Stift *t* durch ein Zahnrad *R* und

Fig. 64.



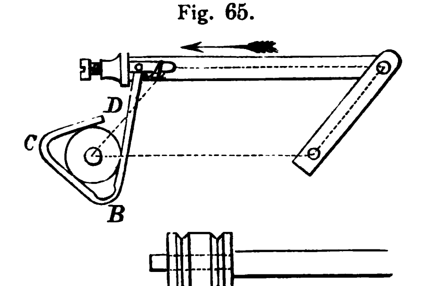
durch einen Klinker *r* festgehalten, während der Stift *t*, infolge der Bewegung der Trommel, deren Feder sich ausdehnt, mit dem Stift *t* in Contact zu kommen sucht.

Sobald die Stifte *t* und *t'* in Contact gerathen, wird der Stromkreis geschlossen und der Strom geht in die Wickelung des Elektromagneten, welcher den beweglichen Anker (culasse) anzieht. Dieser Anker stellt auf seinem Niedergange mittelst verschiedener Hebel den

Contact *b b'* her und nimmt mit Hilfe des Klinkers *r'* das Zahnrad *R* mit sich, zugleich auf plötzliche Weise *t* und *t'* auseinander reissend. Die Zeit, welche *t'* infolge seiner Drehung braucht, um den Contact mit *t* wieder von Neuem herzustellen, etablirt die Periodicität der Messungen, welche constant und leicht regulirbar sein soll.

Das Zählwerk (Fig 64 und 65) hat die Summe der Winkel einzuregistriren, welche von dem Ende der Feder beschrieben werden, oder auch die proportionalen

Fig. 65.

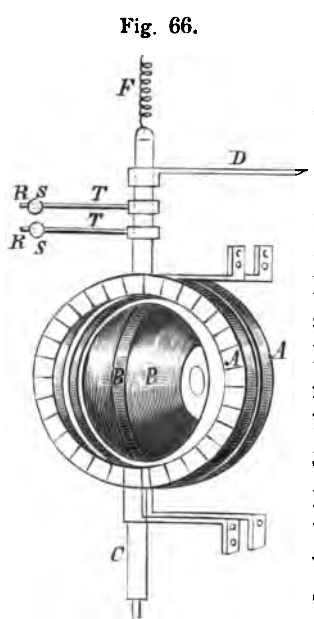


Winkel, welche von dem Sector beschrieben werden. Das Zählwerk wird angetrieben durch ein Gelenks-Parallelogramm, welches einen mittels Reibung wirkenden »Entraineur« bethätigt. Dieses Parallelogramm *ABCD* besteht aus einem Stahldraht, welcher in *B* biegsam gemacht ist. Der Entraineur gleitet reibend in einer V-förmigen Nute, welche durch die Juxtaposition von Kegelschnitten gebildet wird, welch' letztere auf der Antriebsachse des Zählwerks aufgekeilt sind.

Je nach der Richtung, in welcher man auf das Ende des »Entraineurs« einwirkt, wird der biegsam gemachte Winkel sich öffnen oder schliessen, und der

Entraineur wird in der V-förmigen Nute entweder frei gleiten oder er wird in derselben eingezwängt. In dem letzteren Falle wird er die Achse des Zählwerkes mit sich fortnehmen.

Fig. 66.



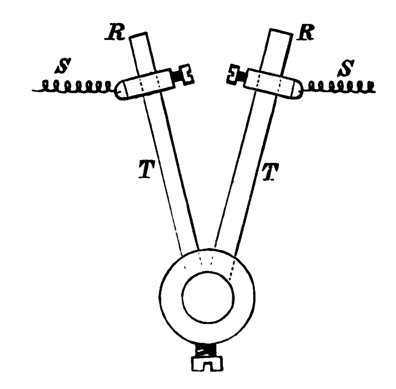
Im **Energiemesser Frager-Cauderay's** (Fig. 66 und 67) ist das Uhrwerk identisch mit dem im Cauderay'schen Coulombmesser. Der zur Verwendung kommende Wattmesser ist sehr empfindlich und besteht aus einer fixen und einer beweglichen Spule. Die fixe Spule besteht aus zwei Kupferbandwickelungen *AA*, deren Querschnitt nach dem zu messenden Strome berechnet ist. Die bewegliche Spule *BB* besteht aus einer doppelten Wickelung feinen Drahtes von einem Gesammtwiderstande von 3000 Ohms, welche von einem Zweigstrom durchflossen ist, dessen Intensität, wie die Erfinder behaupten, »exact proportional zur elektromotorischen Kraft ist«. Diese Wickelung ist inmitten der fixen Spulen mit einem Stahlstifte aufgehangen, und ihr Gewicht ist annullirt durch eine Spiralfeder *F*, um ihr die grösste Empfindlichkeit zu geben.

Die diametrale Ebene der beweglichen Spule bildet mit der verticalen Ebene der fixen Spulen einen Winkel, welcher halb so gross ist als der Winkel, welchen der

Zeiger auf seinem totalen Wege von Null bis zum Maximum der Messerablesungen macht.

Auf dem oberen Ende der Achse der beweglichen Spule sind auf zwei regulirbaren Reifen zwei Stifte *T T* angeschraubt, welche die Abreissfedern *S S* tragen. Sobald der Strom die Spulen durchfliesst, macht der auf der Achse der beweglichen Spule angebrachte Zeiger eine Schwingung, welche der Energie proportional

Fig. 67.

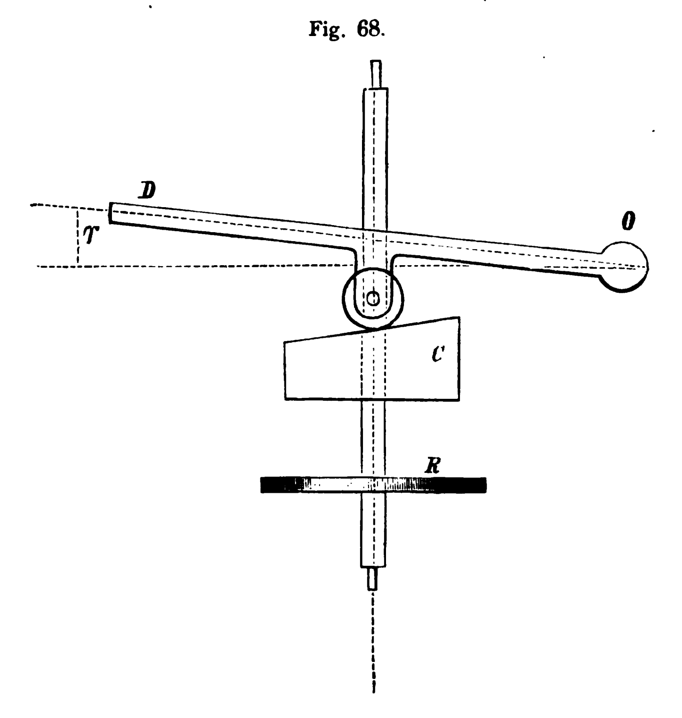


ist. Um diese Schwingung exact zur Energie zu machen, dienen die Regulirungs-Schrauben *R R* auf den Stiften *T T*.

Die Uebertragung der Bewegung geschieht auf folgende Weise: Die Achse des Balanciers trägt einen Reifen mit einem Einschnitt, welcher bei jeder einfachen Schwingung die Spitzen eines Hebels mit sich reisst, welch' letzterer mittelst eines Klinkers ein Zahnrad um einen Zahn vorwärts schiebt. Dieses Rad hat 60 Zähne und macht eine Umdrehung per Minute.

Auf der Achse des Rades R (Fig. 68) ist ein Cylinder C aus Bronze aufgekeilt, welcher in einer schiefen Ebene geschnitten ist. Dieser Cylinder ist es, welcher mittelst einer Rolle G einen Hebel D (welcher sich um

Fig. 68.

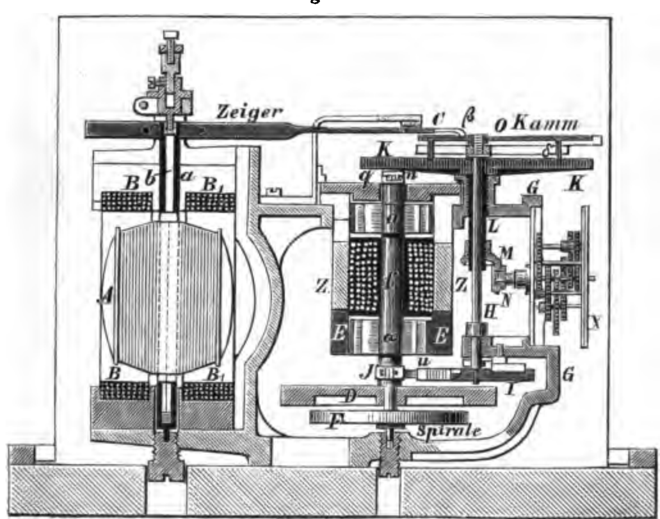


die Achse O dreht) einen unveränderlichen Winkel γ beschreiben lässt. Dieser Hebel stösst in seiner Bewegung auf den Zeiger des Wattmessers, hebt denselben je nach seiner Position mehr oder weniger auf, und ist diese Aufhebung eine zu EI proportionale Quantität. Der festgehaltene Zeiger überträgt seinerseits

durch R die Bewegung auf einen mit einem gezahnten Sector versehenen Rahmen, der in das Kegelrad des »Enregistreurs« eingreift, welcher die Minutenräder bethätigt.

Der **Messer A. Fragers'** (Fig. 69) besteht aus einem Elektrodynamometer, einem Uhrwerk und einem

Fig. 69.



Zählwerk. Der Elektrodynamometer besteht aus einer Spule A, gebildet von zwei feindrähtigen Solenoïden, aufgehängt auf einem Torsionsfaden b und umfasst von zwei dickdrähtigen Spulen BB^1. Der Torsionsfaden ist durch die hohle Achse a geschützt, welche von der Spule A in ihren Schwingungen mitgenommen wird. Auf der hohlen Achse befindet sich der Zeiger C befestigt.

Die dickdrähtigen Spulen sind vom Hauptstrom durchflossen, die feindrähtigen von einem Theilstrom. Das Uhrwerk wird geregelt durch einen Balancier *D* mit Spirale *F*, welcher die Secunde schlägt. Das Uhrwerk wird durch Elektricität angetrieben. Die Achse *f* des Balanciers trägt sechs Flügel und dreht sich frei in der Eisenumhüllung *Z*, einer Spule *E*, deren drehbaren Kern er bildet, die Pole $a\,a'$ annehmend. Die Verbindung dieser Spule mit dem Strome wird durch federnde Contacte hergestellt, und zwar durch das obere Ende *n* der Achse *f*. Eine Scheibe *q* verhindert, dass die Schwingungsdauer eine übertriebene werde.

Das Zählwerk *G* wird bethätigt durch eine verticale Achse *H*, dessen Rad *I* hundert Zähne hat und durch einen Klinker um einen Zahn verschoben wird, wenn die Achse *f* eine Oscillation macht. Die Achse *H* macht also eine Umdrehung in hundert Secunden. Die Achse *H* trägt an ihrem oberen Ende eine schiefe, runde Ebene, welche bei jeder Schwingung die Spitze β des Zeigers *C* aufhebt und ihn unbeweglich macht. Sobald die schiefe Ebene an der Spitze β vorübergegangen ist, fällt dieselbe vermöge ihrer Elasticität auf einen Kamm *O* und drückt den Kamm nieder, so dass sein Stift *S* das Rad *K* in die Bewegung des Kammes *O* mit fortnimmt. Die Bewegung des Rades *K* überträgt sich durch *L M N* auf den Zeiger des Zählwerkes *X* und nachdem die Drehungsgeschwindigkeit von *K*, welche sich so lange erhält, als die Spitze β auf *O* bleibt, proportional ist zu der zu messenden Energie, dreht sich der Zeiger *X* während einer Periode von 100 Secunden in einer der Energie proportionalen Menge.

Einer anderen Beschreibung dieses Messers entnehmen wir Folgendes: Der Apparat besteht im Wesentlichen aus einem Elektrodynamometer bekannter Gattung und einem Zählwerk, welches elektromagnetisch angetrieben wird. Das Triebwerk wird gebildet aus zwei Paaren Elektromagneten, zwischen denen ein mit einer Federnunruhe DF verbundener Anker f hin und her gedreht wird. Die Unruhe macht in der Secunde einen Ausschlag und erhält dadurch ihren Antrieb, dass die Elektromagnete für die eine Schwingungsrichtung der Unruhe erregt, auf den Anker anziehend einwirken. Die Bewegung der Unruhe wird durch einen Sperrkegel auf ein Schaltrad I zur Bewegung des Zählwerkes übertragen.

Um die Bewegung des letzteren aber proportional der verbrauchten Stromstärke, beziehungsweise Stromenergie zu machen, wird das Zählwerk in einem bestimmten Zeitabschnitt auf eine längere oder kürzere Dauer eingerückt. Die Einrückung wird dadurch bewirkt, dass mit der Welle H des Schaltrades ein Arm und eine Curvenscheibe, welche um eine liegende Welle schwingen kann und durch eine Feder hochgehalten wird, fest verbunden sind, über welche die Nadel des Elektrodynamometers sich bewegt. Trifft der Arm die Nadel, so hebt er dieselbe an, und hält sie durch Anpressen gegen ein festes Querstück O in ihrer Stellung fest; sobald der Arm die Nadel verlassen hat, fällt dieselbe herab auf die Curvenscheibe, drückt diese entgegen der Federkraft nach unten und bringt dadurch eine mit der Scheibe verbundene Sperrklinke eines zweiten Schaltwerkes K in Eingriff, wodurch die Bewe-

gung des ersten Schaltwerkes auf das Zählwerk übertragen wird.*)

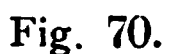
Blondlot's Wattstundenmesser besitzt einen Elektrodynamometer, dessen fixe, aufrechtstehende Spule von dem Hauptstrom durchflossen ist. Die feindrähtige Spule schwingt im Innern der Spule. Ein Uhrwerk schliesst in kurzen Zeiträumen den Stromkreis zweier Elektromagnete. Der eine hat den Zweck, die feindrähtige Spule auf Null zurückzuführen; der zweite Elektromagnet, welcher horizontal liegt, hat die Aufgabe, zeitweise die Kuppelung der Achse der feindrähtigen Spule mit der Achse eines Zählwerkes zu bewerkstelligen. Die Kuppelung des Ankers wird bewirkt durch einen Elektromagneten (siehe Fig. 70),**) dessen Kern mit der Achse des Zählwerkes und dessen Anker durch eine ovalförmige Feder mit der Achse des Dynamometers fest verbunden ist. Die Kuppelung des Ankers mit dem Kern wird durch in Vertiefungen des Kerns eindringende Stifte des Ankers bewirkt, sobald die Erregung des Elektromagneten stattfindet. In dem Stromkreis dieses horizontalen Elektromagneten liegt ein zweiter verticaler Elektromagnet, dessen schwingender, von einer Feder hoch gehobener Anker einen Hebelarm trägt. Bei Erregung dieses verticalen Elektromagneten verliert der Hebelarm seinen Stützpunkt, indem der Elektromagnet seinen Anker anzieht und er schlägt gegen einen Anschlag eines gekrümmten Hebels auf der Dynamometerachse, so dass dieser gekrümmte Hebel durch das Eigengewicht des ausser Stütze ge-

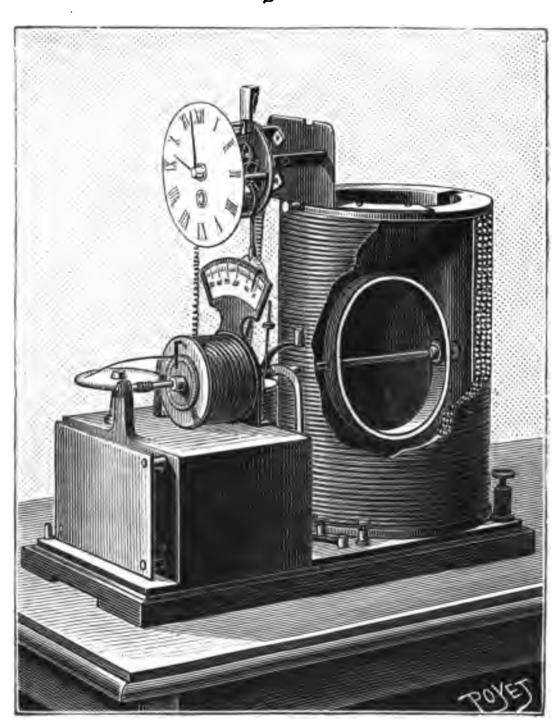
*) Elektrotechn. Zeitschrift 1890, Heft 34.

**) Siehe »La Nature« Nr. 861. 1889.

rathenen Hebelarmes gedreht wird, wodurch der Dynamometer in seine Nullstellung gebracht wird.

Clerc Gravier construiren einen Verbrauchsmesser

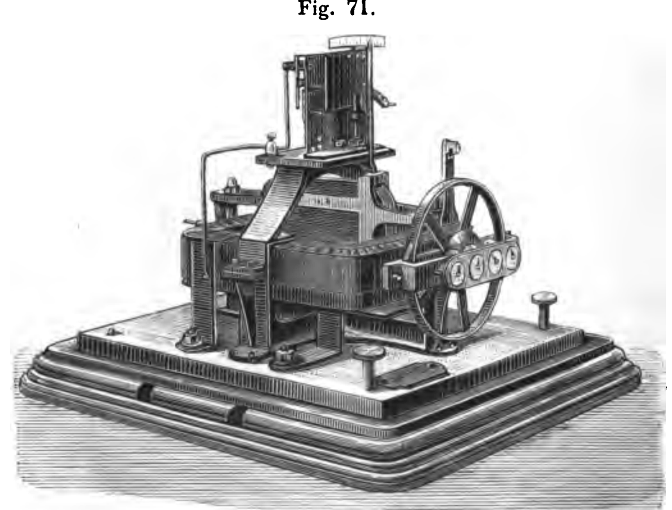

Fig. 70.



(Fig. 71, 72), der zum Principe hat, einen Apparat von stetiger Zeigerbewegung auf Null zurückzuführen und diese Bewegungen einzuregistriren. Zu diesem Behufe ist ein Wattmesser auf zwei Punkten oder Schneiden auf-

gehangen, wodurch eine grosse Empfindlichkeit erzielt wird.*) Die entgegengesetzte Kraft besteht in einem regulirbaren Gewichte. Wenn der grösste Abweichungswinkel nicht 20 Grade übersteigt, corrigiren die Variationen der Gewichtskraft die Variationen, welche aus den verschiedenen Stellungen der Wickelungen des

Fig. 71.



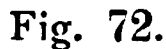
Wattmessers resultiren. Die Abweichungen sind daher proportional zur zumessenden Kraft.

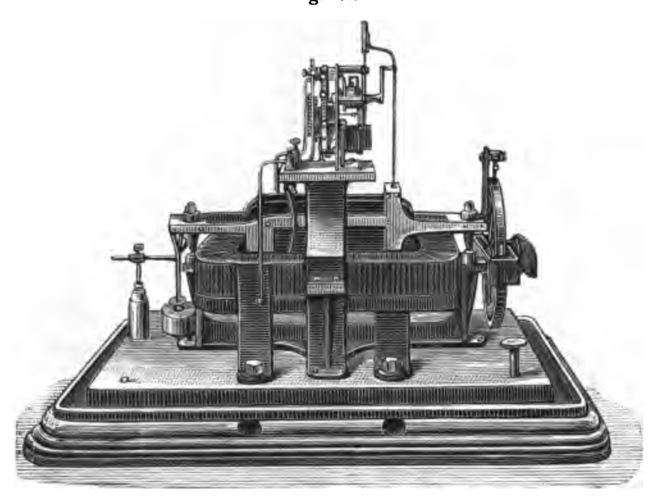
Der Wattmesser trägt einen Klinker, welcher auf der glatten Felge eines concentrischen Rades gleitet, wenn der Apparat sich dem Punkte zuneigt, wo er eine Indication gibt. Dieser Klinker oder Hemmschuh reibt auf der Felge, sobald die Rückkehr nach Null

*) Lumière électrique XXXIII, Nr. 30.

stattfindet. Das glatte Rad bethätigt mittelst beigegebenem Zahnrad das Zählwerk.

Der Wattmesser wird langsam auf Null zurückgeführt und zwar mit Hilfe einer Kurbel, welche von einer elektrischen Uhr (System Reclus) bethätigt wird. Diese Kurbel macht alle Minuten eine Umdrehung und


Fig. 72.



begegnet bei jeder Umdrehung einer verticalen Stange, die auf der beweglichen Spule des Wattmessers befestigt ist. Jede Begegnung hat daher den Zweck, den Apparat in die Nulllage zurückzuführen und denselben somit eine Registrirung ausführen zu lassen. Hierauf lässt die Kurbel den Zeiger des Wattmessers, respective den Messer selbst zu jenem Punkte zurückkehren, wo er eine Indication giebt. Dieser Zeiger giebt auf einem Ableseblatt die entwickelte Energie in Hektowatts an,

während die Zifferblätter des Zählwerkes die verbrauchte Energie in Hektowatt-Stunden angeben.

In einem anderen Modell ist die Uhr durch eine

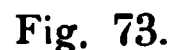
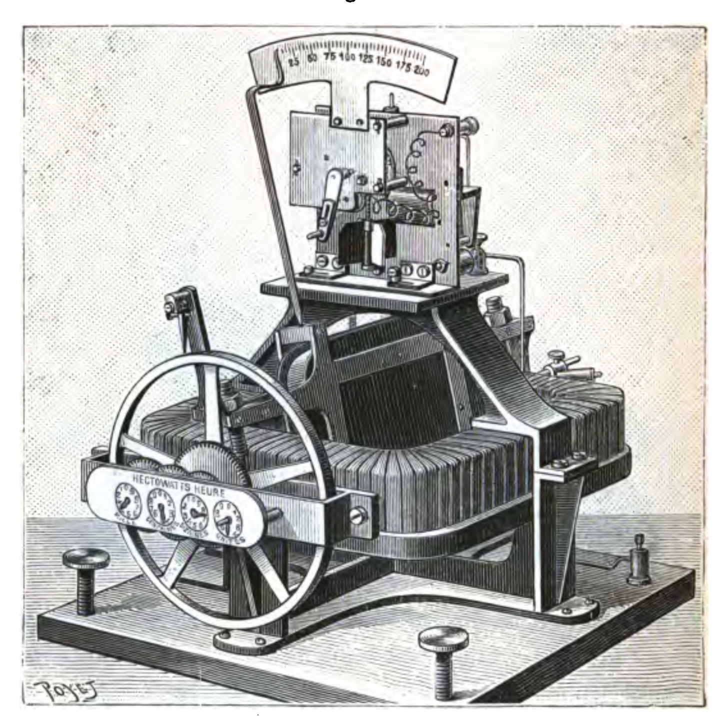


Fig. 73.



Spule ersetzt, welche durch Anziehung eines Eisenklinkers den Wattmesser auf Null zurückführt.

Clerc's Wattstundenmesser (Fig. 73) wird in »La Nature« folgendermassen beschrieben:

Dieser Apparat — im Principe analog mit jenem

Blondlot's — (beide Apparate wurden zu gleicher Zeit entworfen und unabhängig von einander ausgeführt) differirt von jenem durch die Art der periodischen Integration. Das Uhrwerk wird durch einen Theilstrom in Bewegung erhalten; es nimmt mit einer gleichmässigen Winkelgeschwindigkeit eine Kurbel mit sich fort, welche auf der Hauptwelle aufgekeilt ist. Wenn die verbrauchte Energie gleich Null ist, so befindet sich die auf der Achse der beweglichen Spule befestigte Nadel in der in Fig. 73 gezeigten Stellung. Der Griff am Ende der Kurbel befindet sich tangential zur Nadel, giebt ihr aber keinerlei Abweichung. Wenn ein gewisser Stromtheil in beiden Spulen, in der fixen und beweglichen circulirt, schlägt die Nadel nach rechts um einen Winkel aus, welcher mit Hilfe von Gegengewichten annähernd proportional zum Producte *VA* gemacht werden kann. Die Kurbel führt per Umdrehung einmal die Nadel auf den Nullpunkt zurück. Diese Umdrehungen werden auf einen Tourenzähler übertragen und mittelst einer mechanischen Einrichtung totalisirt, welche auf der linken Seite der Figur ersichtlich ist. Auf der beweglichen Spule befindet sich ein Hebelarm, welcher eine Spitze trägt. Wenn der Hebel von rechts nach links schwingt, nimmt er das grosse Rad des Totalisateurs mit sich. Schwingt der Arm von links nach rechts, gleitet die Spitze lose auf der Felge des Rades.

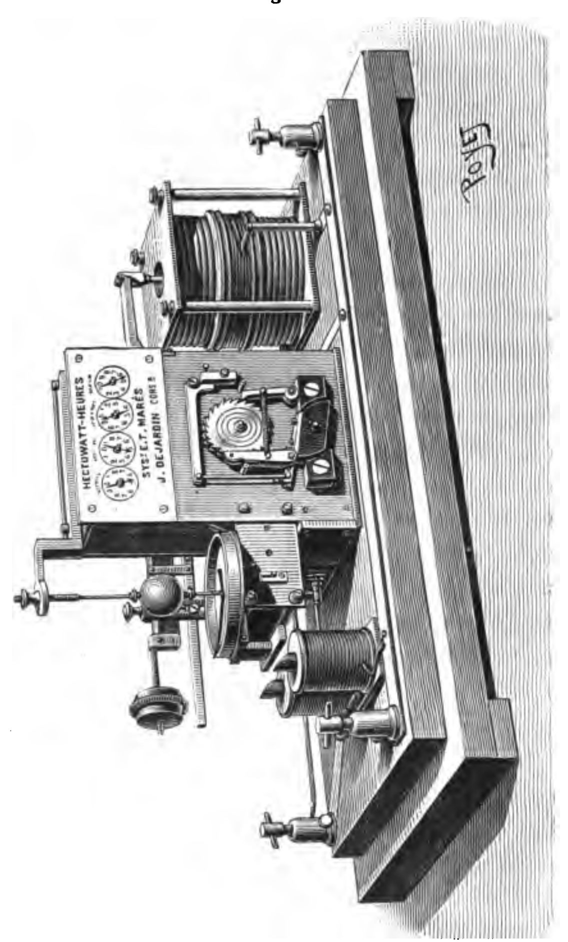
Der Messer Dr. R. Börnstein's besteht aus einem Elektrodynamometer, dessen Angaben der ersten Potenz der Stromstärke proportional sind, und ferner aus einem Planimeter, um die Ausschläge des Dynamometers einzuregistriren. Der Dynamometer wird so auf-

gestellt, dass die Drehungsachse der beweglichen Rolle in die Richtung der erdmagnetischen Kraft fällt und dass also eine Einwirkung des Erdmagnetismus nicht stattfindet. An dem Zeiger, respective auf der Drehungsachse der beweglichen Spule ist eine Schnur befestigt, welche von einem Hängegewichte gespannt ist. Sobald sich die Achse der beweglichen Spule dreht, nimmt ein an der Achse befestigter Greif die Schnur mit und hebt das Gewicht empor. Es tritt Gleichgewicht ein sobald die mit der Drehung zunehmende Wirkung dieses Gewichtes der elektrodynamischen Wirkung gleichkommt, und ist die trigonometrische Tangente des Ausschlagwinkels proportional der ersten Potenz der Stromstärke.

Die Uebertragung der Bewegung auf den Planimeter geschieht derart, dass ein unter der schrägstehenden Drehachse des Dynamometers hindurchgeführter Stab in seiner Längsrichtung verschoben werden kann. Dieses Verschieben bewirkt die Drehung des Planimeters um eine der jeweiligen Stromstärke entsprechende Strecke.

Marès hat, das Princip der William Thomson'schen Wage benützend, einen Verbrauchsmesser construirt, der trotz seiner gelungenen Ausführung ebensowenig ein industrielles Instrument ist, wie so viele andere. Er besteht in der Hauptsache aus einem Elektrodynamometer, dessen bewegliche Spule auf dem einen Ende eines Wagehebels aufgehangen ist. Auf dem anderen Ende des Hebels befindet sich ein bewegliches Gewicht, welches die Einwirkung des Elektrodynamometers zu balanciren hat. Je nach der Stromstärke wird die be-

Fig. 74.



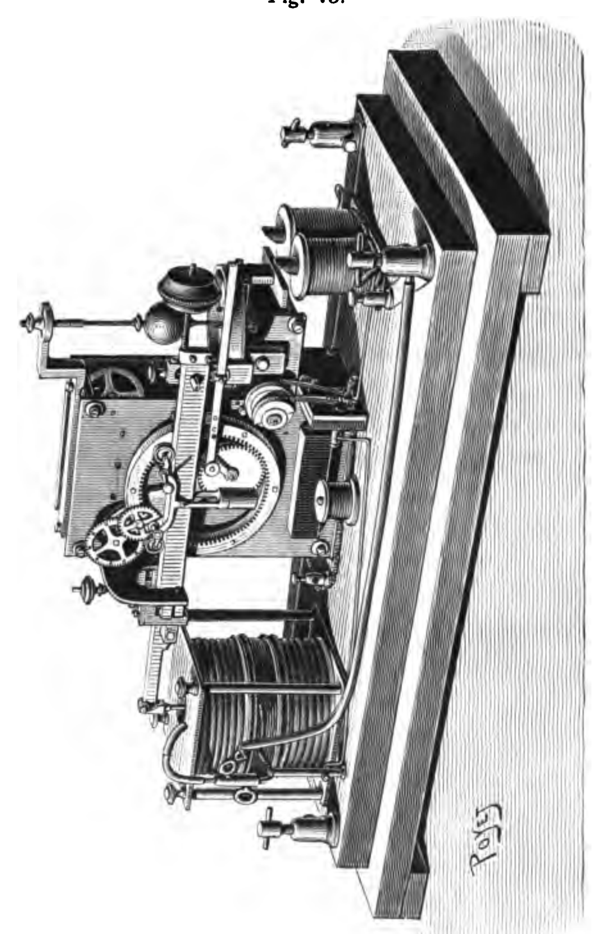
Frontansicht des Marès'schen Messers.

wegliche Spule tiefer in das Innere der fixen Spule eingesaugt und hiedurch der Hebel in eine mehr oder minder schiefe Lage gebracht. Das Gegengewicht kommt hiedurch aus seiner Ruhelage und gleitet längs des Hebels so lange in einer bestimmten Richtung, bis das Gleichgewicht wieder hergestellt ist. Der von dem Gewichte zurückgelegte Weg ist proportional zur verbrauchten Energie und wird von einem Zählwerk einregistrirt.

Das Instrument gehört in die Classe jener Verbrauchsmesser, welche nur in gewissen Zeiträumen einregistriren. Im vorliegenden Falle z. B. geschieht die Einregistrirung alle vier Minuten. Während dieser Zeit bereitet ein Pendel-Uhrwerk alles zur Messung Nothwendige vor. Das Uhrwerk selbst wird ebenfalls alle vier Minuten auf elektro-magnetischem Wege aufgezogen und zwar mittelst eines Commutators, der nicht weniger als fünf Contactstiften hat, welche successive den Stromkreis in einem Elektromagneten schliessen.

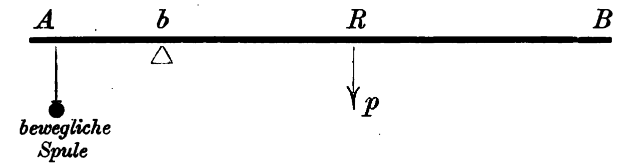
Das Gegengewicht ist auf einem Wägelchen aufgehangen, welches auf dem Wagehebel wie auf einer Schiene rollt. Das Wägelchen trägt zu gleicher Zeit parallel zu seiner Achse eine horizontale Zahnstange, welche in das Zahnrad eines über ihr stehenden Zählwerkes eingreift. Sobald durch das Rollen des Wägelchens das Gleichgewicht hergestellt ist, entfernt sich der Wagehebel mit der Zahnstange von dem fixen Zählwerk und das Wägelchen rollt, seinen Weg fortsetzend, bis an einen Stift, von welchem es aufgehalten wird. Durch das Uhrwerk wird der Karren wieder in seine Position zurückgeführt, wo er dann wieder einer neuen

Fig. 75.



Rückansicht des Marès'schen Messers.

Messung harrt. Das Uhrwerk etablirt wieder den Contact in dem Dynamometer, die feindrähtige Spule wird wieder in die dickdrähtige eingesogen, der Wagehebel neigt sich gegen den Dynamometer und der früher beschriebene Vorgang der Einregistrirung und des Hin- und Herganges des Wägelchens wiederholt sich.



Die Theorie dieses Instrumentes ist folgende:*) Die elektrodynamische Wirkung, hervorgebracht durch die beiden Spulen des Elektrodynamometers, producirt eine Kraft $f(EI)$ gleich einem variablen Gewicht, welches in dem Punkte A aufgehangen ist und auf den Arm bA des Hebels einwirkt. Um diese Kraft zu messen, genügt es, dieselbe mittelst eines Gewichtes p zu equilibriren, welches Gewicht längs des Hebelarmes bB verschoben wird. Nehmen wir an, es herrsche Gleichgewicht, wenn das Gewicht p in R aufgehangen ist. Wir haben alsdann:

$$f(EI) \times bA = p \times bR.$$

Woraus wir folgern:

$$f(EI) = \frac{p}{bA} \times bR$$

Die zwei Factoren p und bA sind fix und werden durch die Constructionselemente des Apparates bestimmt. Bei jeder Messung haben wir daher:

*) Le Génie Civil, 1890. Page 306.

$$f(EI) = bR \times Constante.$$

Was soviel heisst, dass das Product EI der Länge des Hebelarmes bR mit einer Constante multiplicirt gleichkommt.

Man hat daher als mechanisches Resultat anzustreben, ein Gewicht p längs des Wagebalkens AB bis zur Herstellung des Gleichgewichtes zu verschieben und den von dem Gewichte zurückgelegten Weg zu messen und zu totalisiren.

Sir William Thomson's neuester Verbrauchsmesser wird folgendermassen beschrieben:*) Das Princip des Instrumentes besteht darin, dass ein Theilstrom in gewissen Zeiträumen durch ein Zählwerk gemessen wird. Der Strom wird durch einen Elektrodynamometer gemessen. Eine feindrähtige bewegliche Spule im Nebenschluss zum Hauptstrom geschaltet, befindet sich auf der Spitze eines langen verticalen Hebels oder doppelten Pendels, welches nahe zu seinem Schwerpunkte aufgehängt ist. Ein Integrator oder Zählwerk, dessen Achse mit einer Haspel versehen ist, bildet das Gegengewicht. Eine fixe Spule stösst (wie in Sir William Thomson's elektrischen Waagen) die bewegliche Spule ab. Der Hebel bildet in diesem Falle den Zeiger eines Ampèremessers. Unterhalb des Zählwerkes dreht sich durch ein mit Gewicht angetriebenes Uhrwerk eine Trommel, oder besser gesagt, ein Theil einer Trommel oder eines Cylinders. Die cylindrische Oberfläche ist nämlich derart beschaffen, dass der weggebliebene Theil, wenn er hinzugefügt wäre, eine Curve repräsentiren würde, welche die Bewegung der mobilen Spule unter verschiedenen

*) The Electrician, 1890. Page 549 und 711.

Stromstärken darstellt. Diese Trommel vollbringt in sechs Minuten eine Umdrehung. Wenn ein starker Strom durch den Apparat geht, wird der Integrator des Zählwerkes gegen die Scheibe geschwungen, welche die Trommel trägt und gleitet auf der cylindrischen Oberfläche während eines beträchtlichen Theiles einer ganzen Umdrehung. Bei einem schwächeren Strome wird der Integrator jenen Theil berühren, welcher mehr beschnitten ist. Das Princip und die Art der Integration erinnert viel an jene des Frager'schen Verbrauchsmessers.

XIV.

Aubert's Verbrauchszeit-Messer besteht aus einem in einer Blechdose eingeschlossenen Uhrwerk, dessen Pendel von dem Anker eines Elektromagneten stetig in einer schiefen Lage verhalten wird. Der zur Verbrauchsstelle gehende Strom geht durch die wenigen Wickelungen des ebenfalls im Gehäuse angebrachten Elektromagneten, welcher seinen Anker anzieht, das Pendel freigiebt und hiedurch das Uhrwerk in Gang setzt. Sobald der Stromkreis geöffnet wird, fällt der Anker wieder ab und hält das Pendel von Neuem fest. Da der Apparat nur einige wenige Drahtwickelungen enthält, kann er nur für constanten Verbrauch angewendet werden. Sobald der Strom viel geringer wird als jene Stärke, für welche der Messer vorgesehen wurde, hat der Elektromagnet nicht mehr die Kraft, den Anker anzuziehen, und es kommt sehr oft vor, dass bei wech-

selnder Intensität das Uhrwerk stille stehen bleibt, trotzdem der Stromkreis geschlossen ist. Der Apparat würde vollständig praktisch werden, falls der Elektromagnet von einem invariablen Theilstrom durchflossen würde, so dass die Anziehung des Ankers unter jeden Umständen, selbst bei der geringsten Belastung statthaben würde. Natürlich müsste der Messer complicirter werden und er verlöre zu gleicher Zeit einen seiner Hauptvortheile: den billigen Preis.

Da die Verwendung eines Pendel-Uhrwerkes bedingt, dass das letztere stets genau im Lothe stehe, hat schon **Soulat** den Pendel durch ein Schwungrad ersetzt, was erlaubt, den Zeitmesser in irgend einer Position anbringen zu können. Auch **Aubert** ist von der Pendeluhr abgegangen und hat einen neuen Messer construirt, in welchem der bewegliche Anker eines Solenoïds das Hemmungsrad eines gewöhnlichen Uhrwerkes mit ruhender Stiftenhemmung auslöst.

Manwaren's Messer (Fig. 76 und 77) besteht aus einem multipolaren Magnet, welcher eine Serie von Ankern bethätigt, deren eines Ende beweglich an der Aussenseite eines kreisförmigen Gestelles angebracht ist, während ihr freies Ende sich nach dem Centrum des inneren Gestelles bewegen kann.

Der Messer registrirt die Lampenstunden ein. Der erste Anker wird angezogen, sobald der Strom die Intensität einer Lampeneinheit besitzt. Bei jeder neu hinzugeschalteten Lampe wird ein neuer Anker angezogen. Wenn die gewählte Lampeneinheit z. B. eine achtkerzige ist, so wird, wenn blos eine Lampe im Betrieb ist, blos ein Anker angezogen. Schaltet man

zur achtkerzigen noch eine 16 kerzige hinzu, so werden noch zwei Anker angezogen werden, und wenn dann noch eine 32 kerzige hinzugeschaltet wird, werden vier neue Anker angezogen. Im Ganzen haben wir also

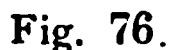
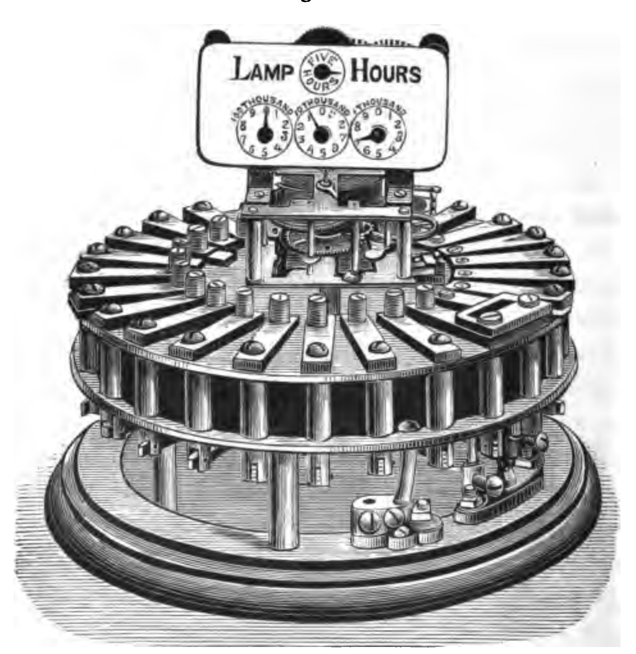


Fig. 76.



sieben Lampeneinheiten zu 8 Kerzen und sieben angezogene Anker.

Ein Uhrwerk hält das Zählwerk in Gang. Dasselbe hat eine verticale Achse, welche an ihrem unteren Ende einen Schuh trägt. Dieser, über die sternförmig nach innen stehenden Ankerenden gleitend, hebt bei jeder

Passage über ein Ankerende die Achse des Zählwerkes in die Höhe, auf diese Art die vorgefundenen Contacte registrirend. Die Achse fällt dann, wenn das betreffende Ankerende passirt ist, durch ihre eigene Schwere wieder zurück.

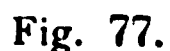
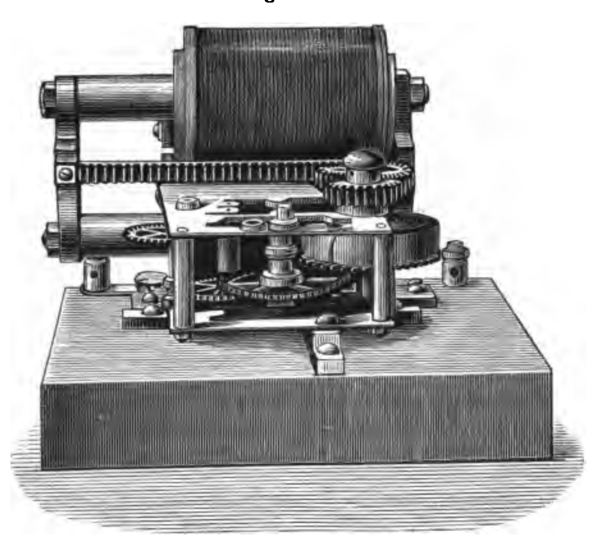


Fig. 77.



In **Pugnetti's** Verbrauchszeit-Messer befindet sich eine Uhr, welche von nicht grosser Präcision zu sein braucht und welche die Zeit des Verbrauches markirt. Dieselbe schliesst alle Minuten den Stromkreis einer localen Batterie, in welcher ein Elektromagnet eingeschaltet ist. Dieser Elektromagnet zieht seinerseits einen horizontalen Anker an, auf welchem sich ein Klinker befindet, welcher in das Steigrad eines Zählwerkes eingreifen soll. Dieser Klinker kann, solange der Ausschalter des

Lampenkreises geöffnet ist, nicht eingreifen, weil er durch eine verticale Stange daran gehindert wird, welche mit dem Ausschalter in Verbindung steht. Sobald aber der Ausschalter des Lampenkreises geschlossen wird, geht die mit ihm verbundene hindernde Stange hinab, und nun kann der Klinker eingreifen. Auf dem Anker können sich auch mehrere Klinkerstangen befinden, welche je ein Zählwerk bethätigen. Das gäbe also einen Messer mit einer einzigen Uhr und eben so vielen Zählwerken als Lampengruppen controlirt werden sollen.

In **Pattee's** Verbrauchszeit-Messer ist ein Elektromagnet mit einem Neusilberwiderstand direct von den beiden Polen der zu controlirenden Leitung abgezweigt. Der Anker dieses Elektromagneten löst das Uhrwerk aus, sobald Strom durch die Leitung geht. Der Apparat ist in Amerika im praktischen Gebrauche.

Victor Popp bringt seinen Messer in Verbindung mit seinem Druckluftsystem. Er liess sich einen Apparat patentiren, welcher in der Hauptsache aus einem in den Hauptstromkreis eingeschlossenen Elektromagneten besteht, dessen Anker mit dem Hahne der Zuflussleitung einer pneumatischen Uhr in Verbindung steht. Der Apparat giebt die Zeit an, während welcher eine bestimmte Lampengruppe vom Strom durchkreist war.

Hours-Humbert hat einen Verbrauchsmesser vorgeschlagen,*) welchen wir blos als Curiosum erwähnen. Das Instrument besteht aus einem Zählwerk, in welchem ein Klinker das grosse Rad immer um einen Zahn vor-

*) Les Compteurs d'Energie Electrique, par E. Hospitalier.

wärts schiebt. Dieser Klinker wird durch einen Elektromagneten bethätigt. Sobald der Strom im Elektromagneten geschlossen wird, schiebt der Klinker das Getriebe des Zählwerkes um eins voran.

Die Einregistrirung findet jede sechs Minuten statt. Sie geschieht durch eine Contactfeder, welche den Strom im Elektromagneten schliesst. Diese Contactfeder befindet sich auf einem Rad, welches in einem Zeitraume von sechs Minuten eine Umdrehung macht. Die Contactfeder kommt in ihrem Wege mit einer Walze in Berührung, auf welcher sich ebensoviel Contactstifte befinden als es Lampen im Stromkreise giebt. Das heisst, von jeder Lampe wird eine Abzweigung nach dem Verbrauchsmesser geführt. Giebt es fünfzig Lampen zu controliren, müssen auch fünfzig Drähte in das Instrument einmünden.

Solange kein Strom in der Lampe vorhanden ist, wird der mit ihr correspondirende Stift auf der Walze, trotzdem die Contactfeder über ihn weggleitet, keine Arbeit des Elektromagneten hervorrufen. Sobald aber die Lampe in Function tritt, geht der Strom durch den Stift und von diesem aus durch die Contactfeder zum Elektromagneten, welcher alsdann seinen Anker anzieht und den Klinker vorwärts schiebt. Die Contactfeder gleitet im Zeitraume von sechs Minuten über alle vor handenen Stifte und bewirkt die Anziehung des Elektromagneten ebenso oft, als Lampen in Function sind.

XV.

Wie wir aus der Construction der bisher beschriebenen Verbrauchsmesser ersehen haben, zählen dieselben zumeist in jene Gattung, in welcher die Variationen irgend eines Ampère- oder Wattmessers auf ein Zählwerk übertragen und von demselben totalisirt werden. Die meisten Verbrauchsmesser sind »Integrations-Messer« (Compteurs intégrateurs).

Ausnahmen hievon sind:

Edison's chemischer Messer (wie er heute im alleinigen Gebrauche steht) und alle anderen Messer, in welchen ein durch Elektrolyse hervorgerufener metallischer Niederschlag gewogen wird (z. B. Lowrie);

Richard's Messer, bei welchem die Variationen eines Ampèremessers als Curve auf eine Rolle endlosen Papiers eingezeichnet werden (siehe auch Irish, Geyer und Bristol u. A.).

Walker's photographischer Messer.

Wie wir gesehen haben, sind die Integrationsmesser zumeist sehr complicirte, kostspielige Apparate und man wird sicherlich von ihrem Gebrauche abkommen, sobald das Publicum mit der Elektricität ein wenig mehr vertraut geworden ist.

Die Zukunft gehört den registrirenden Verbrauchsmessern (Compteurs enregistreurs), deren Princip heute darin besteht, auf eine sich gleichmässig abwickelnde Papierrolle eine Curve einzutragen, deren Ordinaten jeden Augenblick proportional zur Stromintensität, zur Potentialdifferenz oder zur verbrauchten Energie sind, je nachdem es sich darum handelt, Ampère-, Volt- oder Wattstunden zu totalisiren.

Hospitalier schlägt vor, die erhaltene Curve derart zu messen, dass das Papier der Curve folgend, auseinander geschnitten wird. Die beiden erhaltenen Hälften werden gewogen und die eine wird dem Consumenten als Controle gelassen. Hospitalier schlägt noch vor, den Strom selbst zum Durchschneiden des Papiers zu benützen und zwar mit Hilfe eines dünnen ins Glühen gebrachten Platindrahtes.

Fodor geht noch weiter und will die in den anderen Verbrauchsmessern durch ein Zählwerk bewerkstelligte Totalisirung durch ein anderes Hilfsmittel ersetzen. Er hatte zu diesem Behufe einen Verbrauchsmesser construirt, welcher bis jetzt ziemlich günstige Resultate ergeben hat. Man denke sich ein Reservoir mit irgend einer Flüssigkeit, z. B. reines, säurefreies, dünnflüssiges Oel. In diesem Reservoir befinden sich eine oder mehrere Ausflussöffnungen, welche auf geeignete Weise verschlossen sind, so dass auch nicht die geringste Flüssigkeitsmenge entweichen kann. Ein Ampère- oder Wattmesser ist mit dem Verschlussapparat verbunden. Sobald im zu controlirenden Stromkreise ein Verbrauch stattfindet, giebt der Ampère- oder Wattmesser die Ausflussöffnung (eine oder mehrere) je nach den Variationen des Stromverbrauches mehr oder minder frei. Die Flüssigkeit geht tropfenweise ab, und zwar ist der Apparat so eingerichtet, dass z. B. ein Ampère einem Tropfen per Minute gleichkommt. Zwanzig Ampère würden zwanzig Tropfen in der Minute bedeuten. Die abtropfende Flüssigkeit fällt in einen Glasbehälter, dessen Graduirung von aussen sichtbar ist. Die Striche auf der Scala bedeuten Ampèrestunden und der Consu-

ment kann jeden Augenblick aus der Höhe der Flüssigkeit im Behälter absehen, wie viel Strom man verbraucht hat. — Das hier zu lösende Problem war, den Querschnitt der Ausflussöffnung proportional zur Stromintensität zu machen. Dasselbe kann auf mechanischem Wege in vielfachen Varianten gelöst werden, und beansprucht in theoretischer Genauigkeit zumindest ebenso viele Beachtung als so manche andere Systeme.

Uebliche Bedingungen für die Lieferung von elektrischem Strom

zu Beleuchtungs- und motorischen Zwecken.

Herstellung der Anschlüsse. Veränderung in den Leitungen.

In Berlin werden: die Herstellung von den auf der Strasse liegenden Hauptleitungen, der sämmtlichen Leitungen mit ihren accessorischen Theilen bis zum Verbrauchsmesser, des Verbrauchsmessers und der Lampe, sowie etwaige an denselben nothwendig werdende Aenderungen und Ausbesserungen ausschliesslich von dem Unternehmer auf Antrag und für Rechnung der Abnehmer bewirkt, die Consumenten erhalten dadurch das Recht der unbeschränkten Benutzung der ihnen gelieferten Einrichtungen. Der Unternehmer, bezw. deren Beauftragte, sind allein berechtigt, die Zuleitung der Ströme in abgesperrten Leitungen wieder herzustellen.

In Köln bedarf jede Veränderung in der Leitungsanlage im Innern der Liegenschaften, sowie die Vertauschung von Glühlampen und Bogenlampen gegen solche mit grösserem Stromverbrauch der Genehmigung der Unternehmer, und steht die Entscheidung, ob oder inwieweit die vorhandenen Einrichtungen die gewünschten Aenderungen zulassen, lediglich den Unternehmern zu.

Dieselben Bestimmungen bestehen übrigens mit geringen Abänderungen in allen Orten Deutschlands.

Die Pariser städtische Centralanstalt sagt in ihren Abonnementsbedingungen: Die Stadt führt den elektrischen Strom vor die Behausung des Consumenten, welcher denselben mittelst eines Anschlusses an die Hauptleitung übernimmt. Die Stadt stellt diesen Anschluss und seine Apparate (als: Kasten, Umschalter, Sicherheitsvorrichtung) auf Kosten des Abonnenten von der Hauptleitung bis zum Verbrauchsmesser her.

Die Pariser Compagnie Edison hat für die Herstellung des Anschlusses die gleichen Bedingungen wie die obenstehenden. Sie sagt ferner: Die Herstellung der Abzweigung und die Arbeiten bis zum Verbrauchsmesser werden in jedem Falle durch die Compagnie hergestellt, und ist der Abonnent verpflichtet, den Betrag hiefür bei Unterzeichnung der Polizze auszubezahlen. Alle anderen Arbeiten, welche ausserhalb des Verbrauchsmessers auszuführen sind, können von einem durch den Abonnenten gewählten Unternehmer hergestellt werden. Wenn der Abonnent diese Arbeiten der Compagnie übertragen will, so wird der Herstellungspreis auf Grund gegenseitigen Uebereinkommens fixirt. Dasselbe hat auch betreffs der Unterhaltungskosten statt. In keinem Falle kann die Compagnie für die installirten Apparate verantwortlich gemacht werden; die Conservation und Unterhaltung derselben bleibt immer zu Lasten des Abonnenten.

In Brüssel hat der Stromabgeber auf seine Kosten den Anschluss vom Hauptnetz bis zum Verbrauchsmesser herzustellen.

Lübecker städtische Centralstation: Die Herstellung der Anschlüsse von den auf der Strasse liegenden Hauptleitungen, der sämmtlichen Leitungen mit ihren accessorischen Theilen (einschliesslich der Verbrauchsmesser und der Lampen) im Innern der Häuser und Wohnungen, sowie etwaige an denselben nothwendige Aenderungen und Ausbesserungen werden ausschliesslich von der Verwaltungsbehörde, bezw. deren Beauftragten auf Antrag und für Rechnung der Abnehmer bewirkt; die Kosten des Anschlusses werden circa 50 Mark, die Installation der Leitungen im Innern der Gebäude circa 10—20 Mark per Lampe betragen. Ueber die Kosten der inneren Einrichtung wird dem Besteller auf Verlangen vor der Ausführung ein Kostenanschlag aufgestellt.

Elektricitätswerk Innsbruck: Die Herstellung der Anschlüsse der secundären Anlagen in das Netz des Elektricitätswerkes erfolgt für Rechnung des Abnehmers durch das Elektricitätswerk. Es steht jedem Abnehmer von elektrischem Strom frei, die secundäre Installation seiner Anlage durch welchen Unternehmer immer herstellen zu lassen, das Elektricitätswerk ist jedoch berechtigt, den Anschluss zu verweigern, wenn die Installation nicht mit der erforderlichen Sachkenntniss und Solidität ausgeführt ist, und namentlich wenn bei Ausführung der Installation die Vorschriften des durch den elektrotechnischen Verein in Wien ausgearbeiteten Regulativs vom 1. Juni 1888 nicht beobachtet sind.

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Die Compagnie wird in den Localitäten des Abnehmers den Verbrauchsmesser und andere Apparate aufstellen, welche zum Anschluss der Anlage an das Haupt-

Leitungsnetz erforderlich sind. Alle anderen Installationsarbeiten geschehen auf Kosten des Consumenten und bedürfen der Genehmigung der Compagnie. Alle Apparate und Leitungen, welche von der Compagnie geliefert werden, bleiben deren Eigenthum. Die Compagnie unterhält und reparirt die von ihr gelieferten Apparate, insoferne dieselben nicht durch Verschulden des Consumenten beschädigt worden sind. In letzterem Falle hat der Consument den verursachten Schaden zu bezahlen und für die Reparaturkosten aufzukommen.

Chelsea Electricity Supply Company (London): Das Ansuchen um Anschluss muss auf gedruckten Formularen geschehen, welche die zu beleuchtenden Localitäten, das Maximum des zu verbrauchenden Stromes und den Tag, an welchem der Verbrauch beginnen soll, zu enthalten haben. Das Maximum des Stromes wird angezeigt durch die Maximalzahl von Lampen zu einer gewissen Kerzenstärke, welche auf einmal im Gebrauche sind. Die Lampen müssen 100-Volts-Lampen sein. Blos wenn das Hauptnetz der Compagnie nicht weiter als 25 Yards von den zu beleuchtenden Localitäten liegt, kann die Compagnie zu Stromlieferung zu den in ihrer behördlichen Concession enthaltenen Bedingungen verhalten werden.

Die Compagnie hat das Recht, die Grösse und Position der Anschlusslinie zu bestimmen. Die Compagnie legt auf ihre eigenen Kosten den Anschluss bis an die äussere Mauer der Localitäten des Abnehmers, wenn dieselben blos 30 Fuss von dem Hauptnetz entfernt sind. Alles, was über 30 Fuss hinausgeht, hat der Abonnent zu bezahlen. Ebenso hat er auch für die Kosten des

Anschlusses innerhalb der Localitäten aufzukommen. Das Ansuchen um Anschluss muss volle drei Tage früher geschehen, als derselbe stattfinden soll.

Vertragsverhältniss zwischen Stromverkäufer und Abnehmer.

Durch Unterzeichnung des Anmeldebogens verpflichtet sich in Köln der Abonnent auf die Dauer von einem Jahre, beginnend mit dem Zeitpunkt der vollzogenen Verbindung der Privatleitung mit dem städtischen Kabelnetz (der Einführung der elektrischen Leitung vom Kabelnetz in die Liegenschaft), den elektrischen Strom für seine Liegenschaft unter den mitgetheilten Bedingungen zu entnehmen. Wird drei Monate vor Ablauf dieses Jahres von keiner Seite gekündigt, so läuft das Uebereinkommen stillschweigend weiter und kann nur unter Beobachtung einer schriftlichen dreimonatlichen Kündigung an den Quartalstagen: 1. Januar, 1. April, 1. Juli und 1. October von jeder Seite aufgehoben werden. Erhöhungen der Preise berechtigen den Abonnenten vor Ablauf der jährigen Frist zu kündigen.

In Berlin ist der Abnehmer verpflichtet, wenn er nach Ablauf des geschlossenen Vertrages von der elektrischen Beleuchtung seiner Localitäten nicht mehr Gebrauch machen will, der Gesellschaft drei Monate zuvor hiervon schriftlich Anzeige zu erstatten, andernfalls er für die Bezahlung der Lampengebühr auf je ein ferneres Jahr verhaftet bleibt. Wird die Auslieferung der Lampen an die Gesellschaft in solchem Falle verweigert,

so ist die letztere berechtigt, den Vertrag als auf ein ferneres Jahr prolongirt zu betrachten.

In Paris werden in einem Sector die Contracte für drei Jahre abgeschlossen. Der Abonnent hat sechs Monate vor Ablauf des Contractes zu kündigen.

Bei der Pariser städtischen Centralanstalt muss der Abonnent, bevor er noch Strom geliefert erhält, eine Anzahlung von 5 Francs per Glühlampe und 20 Francs per Bogenlampe als Garantie deponiren. Diese Summe wird ihm nach Ablauf des Abonnements, nach Abzug aller mittlerweile aufgelaufenen Kosten, zurückerstattet.

Der Abonnent kann sich den durch Reparationen, Unterhaltung oder Verificirung nothwendigen Arbeiten nicht widersetzen, wenn dieselben seitens der Stadt als nothwendig erkannt werden.

Es ist dem Abonnenten ausdrücklich verboten, an der Anlage etwas abzuändern. Die Stadt ist im alleinigen Besitze der Schlüssel des Vertheilungskastens, von welchem aus der Strom in die Anlage geleitet wird. Die Contracte werden für ein Jahr abgeschlossen und müssen zwei Monate vor deren Ablauf gekündigt werden.

Die Pariser Compagnie Edison verlangt von den Abonnenten als Garantie eine jährliche Anzahlung von 7 Francs per Glühlampe, von 30 Francs per Bogenlampe und von 30 Francs per elektrischer Pferdekraft.

In London hat der Consument, wenn er den Anschluss wünscht, ein Maximum von gewünschter Energie anzugeben, so dass die Abzweigung für ihn in entsprechendem Querschnitte ausgewählt werden könne. Wenn er später unter dieses Maximum herunterzugehen wünscht, hat er für die entstandenen Mehrkosten aufzukommen.

Die Contracte werden für zwei Jahre abgeschlossen. Der Energieverbrauch jedes einzelnen Consumenten muss so gross sein, dass sich die Kosten der Abzweigung oder Anschlüsse an das Hauptnetz mit 20 Percent verinteressiren.

In Brüssel muss sich der Abonnent für wenigstens zwei Jahre verpflichten. Die Kündigung findet zwei Monate vor Ablauf des Contractes statt. Ferner hat der Abonnent als Garantie eine Anzahlung von 5 Francs per Glühlampe und von 15 Francs per Bogenlampe zu leisten.

Lübecker städtische Centralstation: Der Verwaltungsbehörde steht das Recht zu, in Fällen, wo der Abnehmer Aenderungen in der bestehenden Einrichtung eigenmächtig ausführt oder den Beauftragten der Verwaltungsbehörde den Zutritt zu den Leitungen, Messapparaten und den elektrisch beleuchteten Räumen verweigert, insbesondere aber in dem Falle, wo die im Vertrag festgesetzten Zahlungen nicht pünktlich geleistet werden, ohne vorherige richterliche Entscheidung die Leitungen absperren zu lassen und die fernere Lieferung von elektrischem Strom einzustellen.

Chelsea Electricity Supply Company (England): Der Consument hat, wenn solches verlangt wird, wegen Bezahlung des Stromes einen geschriebenen Contract mit der Compagnie abzuschliessen, und muss dieser Contract drei Monate vor seinem Ablauf gekündigt werden. Dieser Contract kann auch auf einen anderen nachfolgenden Consumenten übergehen, wenn die Compagnie solches gestattet. Die Compagnie kann von dem Abonnenten eine Garantie für die Zahlung des verbrauchten

Stromes, für die Unterhaltung und Abnützung des Verbrauchsmessers verlangen.

Innsbrucker Elektricitätswerk: Das Elektricitätswerk ist zur Abgabe elektrischen Stromes nur an solche Abnehmer verpflichtet, die sich zur tarifmässigen Abnahme des Stromes auf mindestens ein Jahr verbinden. Die eventuelle Kündigung muss mindestens drei Monate vor Ablauf des Jahres erfolgen, sonst gilt die Verpflichtung zur Stromabnahme für je ein weiteres Jahr verlängert.

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Die Compagnie verpflichtet, sich das Beste zu thun, um eine reguläre und ununterbrochene Stromlieferung zu bewirken; wenn aber die Stromlieferung unterbrochen werden sollte oder in Folge eines Unfalles oder in Folge einer behördlichen Intervention, oder in Folge irgend einer Ursache nicht statthaben könnte, kann die Compagnie weder hiefür verantwortlich gemacht noch auf Schadenersatz geklagt werden.

Der Consument kann den gelieferten Strom nicht für andere Zwecke verwenden als für jene, welche im Contracte vorgesehen sind. Für besondere Fälle ist die schriftliche Genehmigung der Compagnie einzuholen.

Die Compagnie hat das Recht, in den gewöhnlichen Tageszeiten in den Localitäten des Consumenten alle ihr nothwendig scheinenden Inspectionen, Reparaturen oder Installationen vornehmen zu lassen und die das Eigenthum der Compagnie bildenden Apparate nach Ablauf des Contractes zu entfernen.

Die Compagnie behält sich das Recht vor, die Stromlieferung ohne vorhergegangene Benachrichtigung zu

unterbrechen, falls der Consument mit der Bezahlung des Stromverbrauchs im Rückstand ist oder sich den Vorschriften der Compagnie nicht fügen will. Im Falle als die Compagnie die Stromlieferung unterbricht oder durch den Fehler des Consumenten verhindert ist, die Stromlieferung contractgemäss zu bewerkstelligen, hat die Compagnie das Anrecht auf einen stipulirten Schadenersatz (nicht Pönale) von 50 Cents per Monat für jede 16-Kerzen-Lampe, und zwar für so viele Monate oder Monats-Fractionen, welche noch bis zum Ablauf des Contractes fehlen.

Die Compagnie kann nicht auf Schadenersatz geklagt werden für Schäden, welche aus der Benützung des Stromes resultiren, sobald die Installation und die elektrischen Apparate in den Localitäten des Consumenten vom »Board of Fire Underwriters« gutgeheissen worden sind.

Verbrauchsmesser.

Die Berliner Elektricitätswerke überlassen leihweise die Verbrauchsmesser den Abnehmern zu einem durch den Tarif festgestellten jährlichen Miethpreise und bleiben die Messer Eigenthum der Gesellschaft, welche für ihre Unterhaltung zu sorgen hat. Die Kosten der Unterhaltung und etwaiger Reparaturen an miethweise überlassenen Verbrauchsmessern trägt die Gesellschaft, sofern die Beschädigung nicht durch die Schuld des Abnehmers herbeigeführt worden ist, in welchem Falle derselbe zur Erstattung der Kosten verpflichtet ist.

In Köln werden die Verbrauchsmesser ausschliesslich von dem Unternehmer geliefert und aufgestellt, bleiben auch Eigenthum desselben. Für deren Montirung und Unterhaltung wird eine Miethe von den Abonnenten erhoben. Dafür werden von der Unternehmung sämmtliche an den Messern vorkommenden Reparaturen besorgt, soweit dieselben nicht durch Verschulden der Abonnenten verursacht sind. Die Abonnenten sind verpflichtet, die Leitungen und Messer zu schützen, sie dürfen deren Verschlüsse nicht öffnen, auch von Niemanden als dem sich ausweisenden Angestellten der Unternehmung irgend welche Revisionen und Arbeiten an diesen Apparaten vornehmen lassen.

In Paris steht es in mehreren Sectoren dem Abonnenten frei, den Verbrauchsmesser anzukaufen, und werden die von ihm bereits gezahlten Miethraten in den Kaufpreis mit eingerechnet.

Die Pariser städtische Centralanstalt stellt folgende Bedingungen auf: Der elektrische Strom wird nach einer stündlichen Einheit gemessen. Der Abonnent hat daher bei sich auf seine eigenen Kosten einen oder mehrere Verbrauchsmesser seiner Wahl (welche jedoch von der Stadt gutgeheissen werden müssen) einrichten zu lassen. Die Einrichtung und die Versiegelung der Messer geschieht seitens der Stadt auf Kosten der Abonnenten. Die Messer müssen für das Maximum des etwaigen Stromverbrauches berechnet sein. Der Messer giebt den Verbrauch in Ampère-Stunden an. Der Messer wird jeder von der Stadt oder vom Abonnenten gewünschten Controle oder Verificirung unterworfen. Falls der Messer durch einen Zufall ausser Betrieb gekommen ist, wird

das Mittel des Verbrauchs des vorhergegangenen Monats als Basis der Berechnung angenommen. Die Stadt verpflichtet sich auch, Messer miethweise zu überlassen, und hat in diesem Falle die Stadt für die Reparaturen und Unterhaltung des Apparats aufzukommen.

Dieselben Bedingungen werden auch von der Compagnie Edison in Paris aufgestellt.

In London können die Rechnungen für gelieferte Energie nur auf Grund eines vom »electric inspector« benannten behördlichen Organe geaichten Verbrauchsmessers ausgestellt werden. In dem Aich-Scheine hat der Inspector zu bescheinigen: 1. dass der Verbrauchsmesser einem von dem »Board of Trade« approbirten System angehöre; 2. dass der Messer nach den vom »Board of Trade« erlassenen Vorschriften an das Strassen-Leitungsnetz angeschlossen wurde; und 3. dass der Messer als genau befunden wurde. Wenn der Messer dem Abnehmer gehört, so hat dieser ihn in Stand zu halten; ist er aber von dem Unternehmer ausgeliehen. so trägt der Letztere die Kosten seiner Unterhaltung.

In Brüssel werden die Verbrauchsmesser leihweise überlassen und müssen für das vom Abonnenten angegebene Maximum des Stromverbrauchs berechnet sein.

Lübecker städt. Centralstation: Die Verbrauchsmesser werden den Abnehmern zu einem in einem Tarif festgestellten jährlichen Miethpreise leihweise überlassen und bleiben Eigenthum der Verwaltungsbehörde, welche für ihre Unterhaltung zu sorgen hat. Nur ausnahmsweise wird es einzelnen Abnehmern gestattet werden, die Verbrauchsmesser von der Verwaltungsbehörde auch käuflich zu erwerben. Die Kosten der Unterhaltung

und etwaiger Reparaturen an miethweise überlassenen Verbrauchsmessern trägt die Verwaltungsbehörde, sofern die Beschädigung nicht durch die Schuld des Abnehmers herbeigeführt worden ist, in welchem Falle derselbe zur Erstattung der Kosten verpflichtet ist. — Reparaturen an den eigenthümlich erworbenen Verbrauchsmessern werden von der Verwaltungsbehörde auf Kosten des Abnehmers ausgeführt und müssen von demselben nach vollendeter Ausführung bezahlt werden. — Der Verwaltungsbehörde allein steht die Entscheidung über die Grösse, sowie die Art der Aufstellung des zur Benützung erforderlichen Verbrauchsmessers zu. Die Messung der elektrischen Ströme erfolgt unter Benützung solcher Apparate, welche von der Verwaltungsbehörde als zuverlässig bezeichnet werden. — Abnehmer, welche elektrische Ströme zu anderen als Beleuchtungszwecken verwenden, können die Aufstellung besonderer Messapparate hiefür verlangen.

Chelsea Electricity Supply Company (England): Der Consument hat die Kosten des Anschlusses des Verbrauchsmessers an das allgemeine Netz und die locale Installation zu bezahlen. — Die Compagnie überlässt Verbrauchsmesser in Miethe und unterhält und besorgt dieselben. Wenn der Consument seinen eigenen Messer hat, so muss er ihn auch besorgen. — Die Compagnie kann den Verbrauchsmesser der Consumenten verificiren, und wird derselbe für unrichtig befunden, so hat der Consument die Untersuchungs- und Reparaturkosten zu bezahlen. — Die Compagnie kann ebenfalls einen Messer in den Localitäten anbringen, um die Genauigkeit des dem Consumenten gehörigen Verbrauchs-

messers zu controliren. — Soll der miethweise überlassene Messer entfernt werden, so hat der Consument dies 48 Stunden früher anzuzeigen. — Die Verbrauchsmesser werden alle Monate einmal inspicirt. — Die Angestellten der Compagnie haben zu allen gewöhnlichen Zeiten freien Zutritt zu dem Messer, um an demselben die ihnen nothwendig scheinenden Arbeiten, Reparaturen, Versuche u. s. w. auszuführen.

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Der Verbrauchsmesser wird auf Kosten der Compagnie installirt, bleibt deren Eigenthum, und hat der Consument für den Gebrauch des Messers keine Miethe zu bezahlen.

Die jährliche Miethe für einen Verbrauchsmesser beträgt:

In der Stadt	Für												
	5	10	12	20	25	30	40	50	60	100	150	200	300
	Ampères												
Altona . . . Mark	15	—	20	—	30	—	—	40	—	50	60	75	100
Berlin . . . »	15	—	20	—	30	—	—	40	—	50	60	75	100
Brüssel . . . Frcs.	—	18	—	—	27	—	42	54	—	—	—	72	90
Chelsea . . . Shill.	—	—	—	5	—	—	7½	10	10	10	—	—	—
Lübeck*) . . Mark	8	12	—	—	24	—	—	40	—	—	—	—	—
Paris*) . . . Frcs.	24	30	—	54	—	72	102	—	108	132	—	—	—
» *) . . . »	30	48	—	—	—	—	72	—	—	120	—	—	—
Athen . Drachmen	24	30	—	54	—	72	—	—	—	—	—	—	—

Der Messer zeigt die Quantität des verbrauchten Stromes an. Sollte die Genauigkeit des Messers angefochten werden, so kann er behördlich untersucht werden, und ist im Falle eines Irrthums die Compagnie ver-

*) Für Verbrauchsmesser über 100 Ampères werden besondere Mieth-Contracte abgeschlossen.

halten, die Untersuchungskosten zu bezahlen und die Verbrauchsrechnung für das betreffende Quartal entsprechend abzuändern. Ist der Messer als richtig befunden worden, hat der Consument die entstandenen Kosten zu bezahlen.

Stromlieferung.

In Berlin verpflichtet sich der Unternehmer, den Abnehmern die elektrischen Ströme innerhalb der behördlich festgesetzten Frist zu liefern. Die Abnehmer sind berechtigt, die nöthigen elektrischen Ströme zu jeder Tages- und Nachtzeit in ausgiebiger Menge zu verlangen. Sollte die Gesellschaft jedoch durch Feuersgefahr, Naturereignisse, Krieg oder Aufstand, überhaupt durch Ursachen, deren Verhinderung nicht in ihrer Macht stand, in der Erzeugung elektrischer Ströme und in deren Fortleitung zu den Wohnungen der Abnehmer verhindert sein, so hört ihre Verpflichtung zur Lieferung derselben so lange auf, bis die Störungen und deren Folgen beseitigt sind, und kann der Abnehmer in solchem Falle keinerlei Entschädigung beanspruchen.

Die Pariser städt. Centralanstalt und die Cie. Edison in Paris sagen: Der Abonnent hat freie Verfügung über den elektrischen Strom, welcher den Verbrauchsmesser durchgangen hat. Er kann, je nach seinem Belieben, alle oder einen Theil seiner Lampen in Betrieb setzen oder auslöschen.

Die Pariser Compagnie Edison besagt: In dem Falle, als ein ohne Verschulden der Gesellschaft oder durch höhere Gewalten herbeigeführter Unfall, ein »cas

de force majeure« die Compagnie bemüssigen sollte, die Lieferung von elektrischem Strom zeitweise zu unterbrechen, kann die Compagnie zu keinerlei anderer Ersatzleistung verhalten werden als zur Rückzahlung des Betrages, welcher für elektrischen Strom im Vorhinein bezahlt, und nicht geliefert wurde.

In Brüssel sind die gleichen Bedingungen maassgebend. Von 9 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags ist der Unternehmer zur Stromlieferung nicht verpflichtet.

Chelsea Electricity Supply Company (England): Im Falle als eine vierteljährliche Verbrauchsrechnung nicht bezahlt werden sollte, hat die Compagnie das Recht, die Stromlieferung einzustellen.

Preis der Stromeinheit.

Lampenstunde. In Berlin liegt der Preisberechnung diejenige Strommenge zu Grunde, welche eine Glühlampe von 16 engl. Normalkerzen Leuchtkraft während einer Stunde verbraucht. Der Preis der durch den Verbrauchsmesser ermittelten, auf vorgenannte Einheit reducirten Strommenge beträgt zur Zeit einschliesslich des Ersatzes der durch gewöhnliche Benützung verbrauchten Glühlampen 3·6 Pfennig.

Die Glühlampen anderer Stärken werden verhältnissmässig nach dem Stromverbrauch berechnet, und stellt sich hienach der ungefähre Preis einer

10-kerzigen	Glühlampe	pro	Stunde	auf	2·5	Pfennige
16	»	»	»	»	»	4·0	»
32	»	»	»	»	»	8·0	»
50	»	»	»	»	»	12·5	»
100	»	»	»	»	»	25·0	»

abzüglich 10 Percent.

Die Pariser Compagnie Edison verkauft die Carcelstunde für 4·5 Centimes. Nach ihrem Ermessen kommen 3·4 Carcelstunden hundert Wattstunden gleich.

Lübecker städt. Centralstation: Dieselben Bedingungen wie in Berlin. Hinzugefügt wird noch: Preis per Stunde einer Bogenlampe von ca. 400 Normalkerzen 15 Pfennig, von 800 Normalkerzen 30 Pfennig. Die Kohlenstäbe für Bogenlichtlampen hat der Consument auf seine Kosten von der Verwaltungsbehörde zu den Preisen der jeweilig veröffentlichten Preisliste zu beziehen. — Der Preis für elektrische Ströme, welche zu anderen als Beleuchtungszwecken verwendet werden, bleibt besonderer Vereinbarung vorbehalten.

Innsbrucker Elektricitätswerk. Die Bezahlung für den gelieferten Strom erfolgt gegen ein zu vereinbarendes Pauschale, welches auf Grund nachstehender Taxe und Grundpreise berechnet wird. Für den Verbrauch an Strom ist zu bezahlen für jede Brennstunde

				Bei mindestens 500 Brennstund.
einer	10-kerzigen	Glühlampe	1·75 kr.	1·25 kr.
»	16- »	»	2·08 »	2·00 »
»	32- »	»	5·06 »	4·00 »
»	50- »	»	8·75 »	6·6 »
»	100- »	»	17·05 »	12·5 »

			Bei mindestens 500 Brennstund.
einer Bogenlampe	von 8 Amp.	15·00 kr.	10·75 kr.
» »	» 12 »	20·00 »	14·25 »
» »	» 16 »	25·00 »	17·85 »

Edison Electric Illuminating Co. New-York: Preis der Stunde für eine 16-kerzige Lampe oder deren Aequivalent 1·1 Cents.

Wattstunde. In Köln sind für 100 Wattstunden 8 Pfennige zu bezahlen. Dieser Preis entspricht einem solchen von 4·4 Pfennige für die 16-kerzige Glühlampe pro Stunde, wenn dieselbe 55 Watt elektrischer Energie verbraucht. Für eine Bogenlampe von 400 Normalkerzen mit einem Stromverbrauch von 350 Watt sind pro Stunde 28 Pfennige zu bezahlen.

In Altona sind für 100 Volt-Ampères ebenfalls 8 Pfennig zu bezahlen, doch verringert sich dieser Preis auf 7 Pfennige, sobald 7500 Glühlampen von 15 engl. Normalkerzen Leuchtkraft oder deren Aequivalent an die Anlagen angeschlossen sind.

Die Pariser städtische Centralanstalt liefert 100 Volt-Ampères für 15 Centimes und behält sich eine Verminderung dieser Taxe vor. Man nimmt an, dass eine Glühlampe 3·33 Watts oder $^1/_{30}$ Ampère (zu 100 Volts) per Kerze Leuchtkraft beanspruche.

Die Pariser Compagnie Edison verlangt ebenfalls 15 Centimes für 100 Wattstunden, welche 3·4 Carcels Licht gleichkämen. Sie verkauft auch nach Carcelstunde.

In Brüssel sollen 100 Wattstunden für 10 Centimes geliefert werden.

Board of Trade-Unit. Dieselbe ist in England

eingeführt und kommt 1000 Watts oder 10 Ampèrestunden gleich.

Die Chelsea Electric Supply Company liefert die »Board of Trade-Unit« für 8 Pence und bemerkt hiezu, diese Einheit sei genügend, eine 10-Kerzenlampe während 30 Stunden zu unterhalten.

Ampèrestunde. In Paris kostet in mehreren Sectoren die Ampèrestunde für Beleuchtung 14 bis 20 Centimes. (Man nimmt an, dass die von einer Ampèrestunde gelieferte Lichtmenge derjenigen eines halben Kubikmeters Gas gleichkommt.) Das Licht kann nie weniger als 33 Kerzen per Ampère ausmachen.

In Athen wird die Ampèrestunde (zu 110 Volts) mit 12 Lepta berechnet. Es wird angenommen, eine

16kerzige	Glühlampe	verbrauche	0·5	Ampères
32 »	»	»	1·0	»
50 »	»	»	1·5	»
100 »	»	»	3·0	»

per Stunde.

Pferdekraftstunde. Die Pariser Compagnie Edison berechnet 45 Centimes für eine elektrische Pferdekraftstunde.

In Athen kostet die Pferdekraftstunde (ἵππον-ωρα) 30—40 Lepta je nach der Verbrauchsmenge. Die Pferdekraftstunde wird mit x Ampères $\times$ 110 Volts : 736 berechnet. Für grössere industrielle Etablissements werden besondere Contracte abgeschlossen. Der Verbrauch wird mit Edison's chemischem Messer berechnet.

Die Edison Electric Illuminating Co. New-York verlangt 10 Cents für die Pferdekraftstunde; 746 Watt repräsentiren eine Pferdekraft. Dieser Preis

kommt aber nur in den seltensten Fällen zur Anwendung. Gewöhnlich werden folgende jährliche Verbrauchspreise (die regelmässigen Arbeitstage zu zehn Stunden festsetzend) in Anwendung gebracht:

Pferdekräfte	Allgemeine Fabrikszwecke	Ventilation und continuirliche Pumparbeit	Personenaufzug	Waarenaufzüge	Blasbälge für Orgeln
1/8	$ 36·00	nach Verbrauchsmess.	—	—	—
1/4	60 00	id.	—	—	42·00
1/2	96·00	120·00	—	—	66·00
1	150·00	180·00	—	120·00	102·00
2	270·00	324·00	—	180 00	180·00
3	360·00	432·00	330·00	222·00	240·00
4	450·00	528·00	390·00	264·00	294.00
5	540·00	630·00	450·00	300·00	348·00
6	600·00	720·00	510·00	342·00	402·00
7	690·00	819·00	570·00	384·00	456·00
8	780·00	912·00	630·00	420·00	504·00
10	900·00	1080·00	750·00	498·00	600·00
15	1200·00	1440·00	1080·00	720·00	—
20	1500·00	1800·00	—	—	—
25	1800·00	2100·00	—	—	—

Grundtaxe.

In Berlin haben die Abnehmer ausser dem Preis für die Lampenstunden, auf welchen bei durchschnittlich längerer Benutzung der Lampen Rabatte bewilligt werden, für jede installirte Lampe eine jährliche Gebühr von 4 Mark an die Gesellschaft zu entrichten.

In Mailand beträgt die Grundtaxe für jede 16-kerzige Glühlampe 30 Lire und wird in diesem Falle die Lampen-

stunde mit 3·50 Centesimi gerechnet. Wenn der Abnehmer keine Grundtaxe bezahlt, kostet die Lampenstunde 7·70 Centesimi. Die Grundtaxe wird in monatliche Raten eingetheilt und wird in die monatliche Verbrauchsrechnung mit einbezogen.

In Paris wird in einigen Sectoren für die Unterhaltung und Beaufsichtigung der Anlagen ein jährliches Abonnement von 4 Francs per Jahr und Lampe eingehoben. Eine Gesellschaft ersetzt die abgenützten Glühlampen, eine andere lässt sich dieselben vom Abonnenten bezahlen oder hebt für die Auswechslung der Lampen eine weitere Grundtaxe von 10 Francs per Jahr und per Lampe ein.

Lübecker städt. Centralstation: Ausser dem Preise für die Lampenstunden haben die Abnehmer für jede in ihrem Hause installirte Glühlampe, gleichviel wie gross die Leuchtkraft derselben ist, eine jährliche Gebühr von 5 Mark und für jede installirte Bogenlampe 25 Mark zu entrichten.

Innsbrucker Elektricitätswerk: Ausser den genannten Grundpreisen hat jeder Abnehmer noch eine fixe Gebühr zu entrichten, welche per Glühlampe monatlich 25, per Bogenlampe und Ampère 10 kr. monatlich beträgt.

Für Glühlampen mit einer Lichtstärke von weniger als 16 Normalkerzen tritt in Berlin denjenigen Abnehmern gegenüber, welche sich verpflichten, die Glühlampen auf eigene Kosten von der Gesellschaft zu beziehen, eine Ermässigung der Grundtaxe in der Weise ein, dass dieselbe nur für soviel Lampen berechnet wird, als bei gleichem Stromverbrauch für 16-kerzige Lampen zu entrichten wäre.

Wenn vermöge besonderer Umschalter oder geeigneter Ausschaltevorrichtung sämmtliche Lampen nicht gleichzeitig brennen können, so ist in Berlin die volle Grundtaxe (abgesehen von der vorstehend festgesetzten Ermässigung bei Glühlampen unter 16 Normalkerzen Leuchtkraft) nur für so viel Lampen zu entrichten, als im Maximum gleichzeitig brennen können, während für die übrigen Lampen nur $33\frac{1}{3}$ % der Gebühr pro Lampe zu zahlen sind. Wird zeitweise die gesammte Anzahl der installirten Lampen gebrannt (was jedoch nur nach vorangegangener Anzeige bei der Gesellschaft geschehen darf), so ist für jede Lampe, für welche nur $33\frac{1}{3}$ % der Gebühr gezahlt werden, noch eine fernere Gebühr von 50 Pfg. pro Tag zu entrichten.

Besondere Begünstigungen. Rabatt.

In Berlin betragen die Rabatte auf verbrauchte Strommenge bei jährlich längerer Benützung als:

800 Stunden	5	Prozent
1000 »	$7\frac{1}{2}$	»
1200 »	10	»
1500 »	$12\frac{1}{2}$	»
2000 »	15	»
2800 »	20	»
3000 » und darüber	25	»

Als durchschnittliche Benutzungszeit der Lampe gilt die Summe sämmtlicher, auf die 16-kerzige Lampe reducirten Brennstunden, getheilt durch die Anzahl der vorhandenen Lampen.

In Altona wird ein Rabatt auf die Grundtaxe gewährt, und zwar bei jährlich längerer Benutzung als:

200	Stunden	von	10	Prozent
500	»	»	20	»
1000	»	»	30	»
1500	»	»	40	»
2000	»	»	50	»

In Köln heisst es: Für Abonnenten mit grossem Stromverbrauch und langer Brennzeit ist Gewährung eines Rabatts besonderer Vereinbarung vorbehalten. Die Schlussabrechnung über diesen Rabatt und die fehlenden Brennstunden wird nach der letzten Zahlung des Geschäftsjahres aufgestellt.

In Mailand kostet eine Lampenstunde zu 16 Kerzen

7·70	Centes.,	wenn	die	Lampe	durchschnittlich	40
7·—	»	»	»	»	»	41— 80
6·40	»	»	»	»	»	81—100
5·80	»	»	»	»	»	101—125
5·10	»	»	»	»	»	126—150
4·50	»	»	»	»	»	über 150

Stunden per Monat functionirt.

Die Pariser städtische Centralanstalt gewährt folgende Begünstigungen: Jeder Consument, dessen Lampen durchschnittlich 150 Stunden per Monat im Betriebe waren, hat Anrecht auf einen Nachlass von 10 % auf seine Monatsrechnung; wenn der Durchschnitt sich über 180 Stunden erhebt, beträgt der Nachlass 20 %; über 200 Stunden monatlich ist er 30 %.

In Brüssel gewährt man folgenden Nachlass: Für Lampen von

1000	jährlicher	Brennstunden	5	Prozent
1200	»	»	7·5	»
1500	»	»	10	»
2000	»	»	15	»
2500	»	»	20	»
3000	»	»	25	»

Lübecker städtische Centralstation: Die Rabatte auf verbrauchte Strommenge betragen bei jährlich längerer Benutzung als:

1000 Stunden		5	Prozent
2000 »		10	»
3000 »	und darüber	20	»

Als durchschnittliche Benutzungszeit der Lampen gilt die Summe sämmtlicher auf die zehnkerzige Lampe reducirten Brennstunden, getheilt durch die Anzahl der vorhandenen Lampen.

Die Edison Electric Illuminating Co. New-York gewährt folgende Rabatte:

5	Proz.,	wenn	die	Monatsrechnung	100—200
10	»	»	»	»	200—300
15	»	»	»	»	300—400
20	»	»	»	»	400—500
25	»	»	»	»	500 u. darüber

Dollars ausmacht.

Für jede Rechnung, welche innerhalb zehn Tagen vom Datum ihrer Ausstellung bezahlt wird, wird noch ein Zusatz-Rabatt von 10 % gewährt.

Minima der Consommation.

In Köln muss die in einer Anlage angebrachte Glühlampe jährlich wenigstens 300 Stunden in Betrieb

sein; wird diese Verbrauchszeit nicht erreicht, so ist trotzdem für jede Lampe die ihrem Stromverbrauch entsprechende Minimaltaxe zu bezahlen, welche also für jede Glühlampe von 16 Kerzen $\frac{55.300 \cdot 8}{100} =$ 1320 Pfennig oder 13·20 Mark und für die Bogenlampe von 400 Normalkerzen $\frac{350.300 \cdot 8}{100} =$ 84 Mark betragen wird. Unter Vorbehalt einer späteren Abänderung von Seiten der Stadt kommen vorläufig folgende Sätze zur Anwendung, wobei nur der Minimal-Stromverbrauch ins Auge gefasst wird.

Eine Glühlampe von

10	N.-K.	verbraucht	stündlich	40 Watt
16	»	»	»	55 »
25	»	»	»	80 »

Eine Bogenlampe von

400	N.-K.	verbraucht	stündlich	350 Watt
800	»	»	»	550 »
1200	»	»	»	700 »
3000	»	»	»	1350 »

In Paris, in einem Sector, muss eine jede Glühlampe wenigstens 1200 Stunden jährlich im Betriebe sein. In einem anderen Sector verlangt man 600 Ampèrestunden Verbrauch per Jahr.

Die Pariser städtische Centralanstalt verlangt, dass jede Glühlampe von 10 Kerzen wenigstens 40 Francs, jede Glühlampe von 16 Kerzen wenigstens 60 Francs per Jahr an Verbrauch aufzuweisen habe. Die Bogenlampe muss wenigstens für 400 Francs per Jahr verbrauchen.

Die Pariser Compagnie Edison verlangt einen jährlichen Verbrauch von wenigstens 300 Ampèrestunden per 10-kerziger Lampe. Abnehmer von motorischer Kraft verpflichten sich zu einem Verbrauch von wenigstens 600 Stunden per Pferdekraft.

In Brüssel ist das Minimum der Consommation mit Francs 7·50 per Jahr und per installirte Lampe festgesetzt.

Bogenlampen.

Erfolgt in Berlin die Beleuchtung mit Bogenlampen, so ist für jede einzelne Lampe eine jährliche Grundtaxe von 30 Mark und ausserdem für die verbrauchte Strommenge der festgesetzte Preis von 3·6 Pfennig pro Stromeinheit (in diesem Fall die Lampenstunde) zu entrichten. Die Wartung der Bogenlampen und ihre Versorgung mit Kohlenstiften, welche letztere ausschliesslich von dem Unternehmer bezogen werden müssen, liegt dem Abnehmer ob.

In Mailand wird eine Grundtaxe von 35—50 Lire per Lampe bezahlt, in welche die Lieferung von Kohlenstiften mit einbegriffen ist. Als Stromverbrauch werden zwei Lampenstunden oder Stromeinheiten für 1 Ampère gerechnet.

In Lübeck hat der Consument die Kohlenstäbe für Bogenlichtlampen auf seine Kosten von der Verwaltungsbehörde zu den Preisen der jeweilig veröffentlichten Preisliste zu beziehen. Diese Preise betragen zur Zeit

für Dochtkohle 9 mm Durchmesser M. 0·95 p. m.
» » 11 » » » 1·00 » »
für homogene Kohle 9 mm Durchmesser 0·85 p. m.
» » » 11 » » 1·00 » »

In Athen hat der Consument die Kohlenstäbe von dem Unternehmer zu kaufen. Das Wechseln der Kohlen ebenso wie die Wartung der Lampe erfolgt durch Angestellte der Unternehmung.

Miethe für Elektromotoren.

In Altona ist die Miethe pro Monat:

für	1/5 HP	. . . .	6 M.
»	1/4 »	. . . .	10 »
»	1/2 »	. . . .	15 »
»	1 »	. . . .	21 »
»	2 »	. . . .	28 »
»	3 »	. . . .	35 »

In Mailand varriirt die Miethe für Elektromotoren von 50 bis 1000 Lire für Motoren von 1/8 bis 20 Pferdekräfte.

Nachtrag.

Zu Abschnitt I, II und III.

Edison's elektrochemischer Messer. (*Siehe Seite 47.*) Die bereits erwähnten Veränderungen im Edison-Messer sind nunmehr zur Thatsache geworden. Von nun an giebt es blos vier Typen desselben, u. zw.: Nr. 1, 2, 4 und 8, welche für 20, 40, 80 und 160 Ampères bestimmt sind. Für grösseren Stromverbrauch werden eigene Messer angefertigt. Die Grösse der Elektroden, sowie der Gefässe, der Widerstand der Compensations-Spule, sowie überhaupt der gesammte Widerstand des Stromkreises der elektrolytischen Zelle sind für alle Typen die gleichen. Blos der Querschnitt des »Shunt«, durch welchen der Hauptstrom hindurchgeht, variirt.

In der kleinsten Type (Nr. 1) kommt ein Milligramm niedergeschlagenes Zink 1 Ampèrestunde gleich (bisher 1224 Milligramm). Die Sache ist so arrangirt, dass der Niederschlag per Stunde bei voller Belastung des Messers 10 Milligramm beträgt. Nachdem alle Typen gleiche Grösse haben, ist der stündliche Niederschlag (bei voller Belastung) bei allen Typen 10 Milligramm per Stunde, nur bedeutet in einem Messer Nr. 2 jedes Milligramm

2 Ampèrestunden; in einem Messer Nr. 4 vier Ampèrestunden und in der Type Nr. 8 acht Ampèrestunden.

Durch diese Anordnung wird die Manipulation ziemlich vereinfacht. Natürlich wird ihr der sehr ernste Vorwurf gemacht werden, dass es sehr gefährlich sei, ein Milligramm Niederschlag als Aequivalent für 2, 4 oder gar 8 Ampèrestunden anzunehmen, weil ein Irrthum in der Abwägung des Niederschlages oder eine Verwechslung der Platten den Fehler zu einem zwei-, vier- oder achtfachen macht.

Der einzige gewichtige Umstand, welcher in einem elektrochemischen Messer Fehler hervorrufen kann, ist (andere äusserliche Zufälle abgerechnet) die Möglichkeit einer Aenderung des Widerstandes in der elektrischen Zelle, wodurch das Verhältniss des Niederschlages zum Hauptstrom geändert wird. In dem neuen Edison-Messer beträgt der Widerstand der Compensations-Spule 46½ Ohms, während jener der Zelle selbst 2½ Ohms ausmacht. Der Gesammtwiderstand des Stromkreises der Zelle beträgt daher 49 Ohms. Wenn nun der Widerstand der Zelle sich, nehmen wir an, verdoppeln würde (was wohl nicht leicht vorkommen kann), so beträgt der hierdurch hervorgerufene Fehler in der Ablesung blos fünf Prozent, während er im gegebenen Falle beim alten Edison-Messer 15 Prozent betragen würde. Die Erhöhung des Widerstandes der Compensations-Spule hat daher die Genauigkeit des Messers verdreifacht.

Eine weitere Verbesserung ist die Herabminderung der Grösse der Platten, wodurch der Oxydation derselben weniger Raum gegeben wird. Sehr vereinfacht wird auch die Manipulation durch die Aenderung des

Materials, aus welchem bis jetzt die Elektrodenplatten hergestellt wurden. Dasselbe bestand bis jetzt aus gewalztem Zinkblech von bedeutender Dicke, aus welchem die Platten ausgestanzt wurden. Dieselben mussten häufig amalgamirt werden, was jedenfalls eine zeitraubende Operation war. Von nun an bestehen die Platten aus Gusstücken, welche aus einer Legirung von 98 Prozent reinem Zink und 2 Prozent Quecksilber hergestellt werden, wodurch die Amalgamirung eine weniger häufige und gründliche zu sein braucht.

Auch der Gehalt der Zinksulfatlösung wurde geändert und ist dieselbe jetzt doppelt so dicht als in den früheren Apparaten.

Zu Abschnitt V.

Bristol's neuester Messer wird in einer amerikanischen Patentschrift folgendermassen beschrieben: Der Messer besteht aus einer Combination eines Zeigers oder Stabes (welche durch die Einwirkung des Stromes einen Ausschlag geben) mit einem Apparat, in welchen der schwingende Stab (oder Nadel) eingreift. Dieser Apparat wird transversal zur Schwingungsebene des Stabes durch den Strom in Vibrationen versetzt. Diese transversalen Vibrationen werden auf mechanischem Wege auf ein Zählwerk übertragen. (Amerik. Patent Nr. 439.381, J. 1890.)

Reckenzaun's neuester Messer besteht in der Hauptsache aus einem Hebel, der zwei cylinderförmige Anker trägt, welche in Solenoiden eintauchen. Das längere Ende des Hebels trägt eine vertikale Spindel,

auf welcher sich eine Frictionsrolle befindet. Wenn der Strom durch den Apparat geht, geräth der Hebel in eine mehr oder minder geneigte Stellung, wodurch die Spindel aufwärts gehoben wird. Die Frictionsrolle bethätigt mittelst Schneckentrieb das Zählwerk. Die Rolle wird in Bewegung versetzt durch eine an sie gepresste Scheibe, welch' letztere durch ein Uhrwerk bethätigt wird. Die Scheibe befindet sich stets in gleichmässiger Umdrehung und die auf die Rolle übermittelte Geschwindigkeit hängt von der Entfernung ab, in welcher sich die Rolle vom Mittelpunkt der Scheibe befindet. Je nachdem der Hebel die Spindel mit der Rolle aufwärts hebt, wird sich die auf der Scheibe gleitende Rolle mehr oder minder schnell drehen.

Batault's Messer besteht aus drei Haupttheilen: einem isochronen Pendel, einer Tangentenboussole und aus einem Totalisateur. Der letztere wird bethätigt durch einen Riemen, welcher durch einen Klinker des schwingenden Pendels in gleichmässig intermittirende Umdrehung versetzt wird. Das Pendel wird durch ein Contactwerk auf elektrischem Wege in Gang erhalten. In Ruhestellung wird der Zeiger der Tangentenboussole durch einen Rahmen an eine Barre gepresst. Der in Umdrehung befindliche Riemen hat zwei Knaben, welche den Rahmen bei jeder halben Umdrehung aufheben und den Zeiger freigeben. Das Zählwerk ist durch einen Klinker mit einer Scheibe x verbunden, welche um einen Winkel proportional zu $tang\ \alpha$ (α = der Durchschnittsausschlag des Zeigers der Boussole) gedreht wird, und deren Umdrehungen eine proportionale Messung von $t\,tg\,\alpha$ ergeben. Die Scheibe x wird mittelst Schnur

in Drehung versetzt. Diese Schnur wird angezogen durch einen Karren, welcher von dem bereits erwähnten Riemen in eine hin- und hergehende Bewegung versetzt wird. Auf diesem Wege stösst der Karren auf den Zeiger und wird von letzterem aufgehalten. Der von dem Karren beschriebene Weg überträgt sich mittelst Schnur auf Scheibe x und von dieser auf das Zählwerk.

Zu Abschnitt VIa.

Edison's neuer elektromotorischer Messer. *(Siehe Seite 83.)* In dem letzten Meeting (September 1890) der »Edison Illuminating Companies« machte Mr. Kennelly folgende Mittheilung: Edison hat in jüngster Zeit eines seiner Patente auf mechanische Messer weiter ausgearbeitet. Dieses Instrument besteht aus einem empfindlichen kleinen Motor, dessen Anker sich schon zu drehen beginnt, sobald der Stromkreis einer einzigen Lampe geschlossen wird. Die Geschwindigkeit der Umdrehung nimmt zu, je mehr Lampen eingeschaltet werden, bis bei voller Belastung (20 Lampen) 600 Umdrehungen in der Minute erreicht werden. Ein mit der Ankerachse verbundenes Zählwerk trägt die Anzahl der Umdrehungen ein und giebt die Ablesungen in Lampenstunden.

Die Elektromagnete des Motors werden von einem Theilstrom durchflossen, während der Hauptstrom, wie im chemischen Messer, einen »Shunt« durchgeht und sich von dort zu den Ankerklemmen begibt. Der Spannungsverlust im »Shunt« macht bei voller Belastung $1^1/_2$ Volts aus.

Zu Abschnitt XII.

Der Verbrauchsmesser von **Korst** (Racine, Wisconsin, Amerika) beruht auf der Aenderung des Widerstandes in einem Accumulator, hervorgerufen durch dessen Ladung oder Entladung. Der Apparat besteht aus einem Zählwerk, welches durch eine Feder und ein Gewicht angetrieben wird. Eine von einem Elektromagneten bethätigte Klinke hemmt das Werk, so lange kein Strom den Apparat durchfliesst. Der Hauptstrom durchgeht einen »Shunt« aus Neusilber, von dessen beiden Klemmen ein dünner Draht abgezweigt ist, welcher zu einem Accumulator geht. Der abgezweigte Strom ladet den Accumulator so lange, bis dessen Potentialdifferenz eine derartige geworden ist, dass keine Ladung mehr stattfindet. Durch verschiedene automatische Vorrichtungen verzweigt sich nun der Entladungsstrom des Accumulators nach dem Stromkreise des als Hemmung benützten Elektromagneten, hebt dessen Wirkung auf, giebt das Zählwerk frei, worauf nach geschehener Registrirung der oben beschriebene Vorgang von Neuem statt hat. Die Anzahl der Registrirungen ist proportional zur Intensität des Stromes.

Zu Abschnitt XIII.

Ueber Sir **William Thomson's** neuen Elektricitätsmesser (Siehe Seite 173) finden wir noch folgende Beschreibung:*) Dieser Messer, welcher unlängst der British »Association« vorgezeigt wurde, gibt auf einem Zählwerke die Strommenge an, welche den Apparat durchgangen hat, und bildet zu gleicher Zeit einen Indicator, vermittelst welchem die jeweilige Stromstärke jeden gegebenen Moment von einer Scala abgelesen werden kann.

Der Indicator besteht aus einem leichten Aluminiumzeiger, welcher frei um eine horizontale Achse schwingen kann. Dieser Zeiger hat auf seinem oberen Ende eine flache feindrähtige Spule und an seinem unteren Ende ein Zählwerk. Dieser ganze Apparat ist auf Messerschneiden aufgehängt und der Strom wird der feindrähtigen Spule mittelst zwei Drahtspiralen zugeführt. Der Widerstand dieser Spule beträgt ungefähr 30 Ohms und ist mit einem Platinoid-Widerstande von 970 Ohms auf Spannung geschaltet. Der zu messende Hauptstrom geht durch eine fixe aus Kupferband hergestellte Spule, welche sich mit ihrer Ebene parallel zur Ebene der dünndrähtigen Spule befindet, sobald die letztere in Nullstellung ist.

Das Zählwerk besteht aus einem Rädergetriebe mit einem losen Rade auf der ersten Achse und aus einem sich drehenden Kamm oder Trommel, welche durch ein

---

*) Electrician, October 24, 1890.

mit Gegengewicht bethätigtes Uhrwerk in Umdrehung erhalten wird. Die Trommel dreht sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit, und sobald Strom im Apparat vorhanden ist, hebt die Trommel bei jeder Umdrehung das lose Rad auf der ersten Achse des Zählwerks empor, bringt das Rad in Umdrehung und registrirt also einmal ein. Die Trommel ist so gestaltet, dass ihre obere Schnittfläche eine schiefe Ebene repräsentirt, während die untere Grundfläche in der horizontalen Ebene liegt. Man mag sich diese Trommel als einen Cylinder vorstellen, dessen oberes Ende schief abgeschnitten worden ist. Die durch diesen Schnitt hervorgebrachte Curve der Mantelfläche ist gleich der Curve, welche sich aus dem Gesetz der Abstossung der feindrähtigen durch die fixe Spule ergibt. Die Trommel vollbringt in sechs Minuten eine Umdrehung.

Wenn kein Strom durch den Apparat geht, befindet sich der Zeiger auf dem Nullpunkt der Scala, die bewegliche Spule etwa einen Millimeter von der fixen Spule und das lose Rad des Zählwerkes in gar keinem Contact mit der Trommel. Wenn Strom durchgeht, wird die auf dem Zeiger befindliche feindrähtige Spule nach auswärts abgestossen und das auf dem Zeiger ebenfalls befindliche Zählwerk wird nach innen gegen die Trommel geschwungen. Die Stellung des Zeigers hängt von der Stromstärke ab. In dieser Stellung geht die Trommel an dem Zeiger vorüber, hebt das lose Rad des Zählwerkes empor und lässt das Rad einen kürzeren oder längeren Weg auf der Curve ihrer Schnittfläche beschreiben. Diesem Wege entsprechen die Einregistrirungen des Zählwerkes.

Der Mho-Stunden-Messer. Ueber denselben verlautet Folgendes:*) Dieses Instrument mit dem sonbaren Namen wird von Frager in Paris construirt. Die in einem Stromkreis von R Widerstand V Volts beanspruchende Kraft ist gleich V^2/R, und die diesem Producte integrale Zeit misst die Energie. Wenn V constant ist, hängt die Energie von der zu $^1/R$ integralen Zeit ab und es ist diese letztere Quantität, welche von dem Frager'schen Instrumente gemessen wird. Es ist schwer zu bestimmen, zu welchem Zwecke dieses Instrument eigentlich gebaut wurde. Wenn die Volts constant erhalten werden, kann die absorbirte Energie durch die Indicationen des Instruments erhalten werden, aber jeder gewöhnliche Coulombmesser würde für diesen Zweck genügen. Wenn aber die Volts variiren, wird der Coulombmeter, obwohl kein Instrument die gelieferte Energie misst, dennoch etwas leicht Verständliches anzeigen, während das neue Instrument eine unbekannte und von den Meisten unverstandene Quantität anzeigt. (»Mho«, das Anagramm von »Ohm«, ist ein von Sir William Thomson vorgeschlagener neuer Ausdruck, welcher das Umgekehrte von »Ohm« bedeutet, d. h. die Einheit der Leistungsfähigkeit.)

Zu Abschnitt XIV.

Wie wir aus einer uns neuestens zugegangenen Mittheilung ersehen, hat **Aubert** den besprochenen Mängeln abzuhelfen gesucht. Die hauptsächlichste Verbesserung besteht in der Ersetzung des Pendels durch einen an-

*) Electrician, Vol. XXV, Nr. 645.

deren Motor, so dass das Uhrwerk nicht mehr genau vertical eingestellt zu werden braucht, sondern in allen Lagen gut gehen kann. Der Apparat wird neuestens in zwei verschiedenen Serien hergestellt: Serie *A* mit Solenoïd, automatischem Umschalter und in allen Lagen gehendem Uhrwerk. Serie *B* mit einem Commutator verbundenes Uhrwerk, in allen Lagen gehend. Der Commutator wirkt mechanisch auf die Unruhe des Uhrwerkes, steht mit seinem Kopfe über der vorderen Seite der Büchse heraus und kann mit der Hand bewegt werden. Das Uhrwerk geht circa 380 Stunden und garantirt der Erzeuger die Regulirung der Zähler mit einer Maximalvariation von 15 Minuten auf 380 Stunden.

Interessant ist, was der Erzeuger zu Gunsten der Verbrauchszeitmesser anzuführen weiss. Sein Raisonnement ist folgendes: Der Verbrauchszeitmesser setzt die Beleuchtungsgesellschaften in den Stand, allen Nutzen aus den stets wachsenden Verbesserungen der Lampen zu ziehen. Die gegenwärtigen Glühlampen von 100 Volts brauchen einen Strom von 0·7 bis 0·8 Amp. Nehmen wir nun an, dass eine Lampe neuerer Construction 0·4 Amp. verbraucht, so zeigen die Quantitätsmesser für dieselbe Lampenzahl nur die Hälfte an. Dabei sind ja allerdings die Kosten für die Betriebskraft vermindert, aber die allgemeinen Spesen bleiben immer dieselben und somit hat in Wirklichkeit die Gesellschaft Verlust. Z. B. ein Abonnent bezahlt für die Stunde einer Lampe M. 0·09 und vertheilen wir diese Zahl wie folgt, in M. 0·03 für die motorische Kraft, M. 0·03 für Lampenersatz, M. 0·03 für allgemeine Spesen und Nutzen, so wird für den Fall, dass man die 0·8 Amp.-Lampe durch

eine 0·4 ersetzt, der Quantitätszähler nur noch die Hälfte anzeigen, der Abonnent M. 0·045 bezahlen, bleibt also M. 0·015 für motorische Kraft, 0·03 für die Lampe und 0·000 für allgemeine Spesen.

Wir unsererseits können nicht einsehen, warum gerade der Stromabnehmer nicht auch von den Verbesserungen und Fortschritten in der Fabrikation der Lampen profitiren soll. Ein auf solch engherzige Anschauungen basirendes Instrument wird nie zu allgemeinem Gebrauche kommen.

